
Análisis de la gestión de los residuos sólidos en Brasil.
Una comparativa entre las diez ciudades más grandes de
país.

Alumna: Camila Wollmann

Tutor: Dr. Agust   Pérez

Barcelona, junio de 2015.

“ Todo tiene su tempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora.”

Eclesiastés 3:1

Agradecimientos

A mis padres que lo dieron todo por mi, especialmente a mi papá
que nunca a dejado de creer en mi.

A mis amigos que siempre me han dado fuerzas para seguir.
Y especialmente al profesor y tutor D. Agustí Pérez por orientarme
y transmitirme sus conocimientos con inmensurable atención y
dedicación.

Y a todos que hicieron parte de ese largo camino, quizás sin
vosotros no seria posible.

Resumen

Con el constante desarrollo de la economía brasileña notada en los últimos años, crece también la generación de los residuos, pues la población consume cada vez más y consecuentemente genera más residuos. Entretanto la gestión de los residuos sólidos urbanos en el país, no ha crecido con la misma velocidad, y tampoco con homogeneidad entre las ciudades.

El presente trabajo hace un levantamiento y compilación de datos para posterior tratamiento y análisis de los mismos. Sabiendo que para hacer nuevas propuestas de mejoría de la gestión de residuos es necesario tener conocimiento de la realidad del local analizado, en ese caso, la realidad de las ciudades analizadas, las 10 ciudades más grandes de Brasil, identificando las características geográficas, climatológicas, sociales, relacionadas a la gestión de los residuos, entre otras.

Los datos son tratados y posteriormente analizados utilizando método de clústeres. Con los resultados obtenidos son generados índices los cuales asesoran a sacar conclusiones en relación a las ciudades analizadas.

Palabras claves: *Residuos, Residuos Sólidos Urbanos, Gestión, Generación, Clúster, Índices, Brasil.*

Abstract

With the constant development of the Brazilian economy noted in lasted years, consequently increase the generation of waste, it is because people consume more and therefore generate more and more waste. Meanwhile the municipal solid waste management in the country has not grown at the same rate and not either with uniformity between cities.

This paper makes a data research and compilation for further processing and analysing them. Knowing that to make new proposals for improving waste management need to be aware of the reality of the local analysed, in that case, the reality of the cities analysed, the 10 largest cities in Brazil, identifying the geographic, climatic, social, characteristics related to waste management, among others.

The data is then processed and analysed using cluster method. With the results are generated indexes that advise some conclusions regarding the cities analysed.

Keywords: Waste, Waste Management, Solid Urban Waste, Generation, Cluster, Index, Brazil.

Resum

Amb el constant desenvolupament de l'economia brasilera notada en els últims anys, creix també la generació dels residus, doncs la població consumeix cada vegada més i conseqüentment genera més residus. Entretant la gestió dels residus sòlids urbans al país, no ha crescut amb la mateixa velocitat, i tampoc amb homogeneïtat entre les ciutats.

El present treball fa un aixecament i compilació de dades per a posterior tractament i anàlisi dels mateixos. Sabent que per fer noves propostes de millorança de la gestió de residus és necessari tenir coneixement de la realitat del local analitzat, en aquest cas, la realitat de les ciutats analitzades, les 10 ciutats més grans de Brasil, identificant les característiques geogràfiques, climatològiques, socials, relacionades a la gestió dels residus, entre unes altres.

Les dades són tractades i posteriorment analitzats utilitzant mètode de clústers. Amb els resultats obtinguts són generats índexs els quals assessoren a treure conclusions en relació a les ciutats analitzades.

Paraules claus: *Residus, Residus Sòlids Urbans, Gestió, Generació, Clúster, Índex, Brasil.*

Índice

1.Introducción.....	1
1.1.Residuos Sólidos Urbanos.....	1
1.2.Objetivos.....	7
2.Metodología.....	8
2.1.Datos.....	8
2.1.1.Normalizacion de los datos.....	11
2.2.Analisis Clúster.....	14
2.3.Métodos Clúster.....	15
2.3.1. Método Clúster Jerárquico: Ward.....	16
2.3.2. Método Clúster Particional: K-means.....	17
2.3.3. Método Clúster Particional: PAM.....	17
2.4.Graficos de resultados.....	17
2.4.1.Dendrograma.....	18
2.4.2.Silhouette o Silueta.....	18
2.5. Construcción de índices.....	19
3.Casos de estudios.....	22
3.1.São Paulo.....	22
3.2.Rio de Janeiro.....	24
3.3.Salvador.....	25
3.4.Brasília.....	26
3.5.Fortaleza.....	28
3.6.Belo Horizonte.....	30
3.7.Manaos.....	33

3.8.Curitiba.....	34
3.9.Recife.....	36
3.10.Porto Alegre.....	38
4.Resultados.....	42
4.1.Datos transformados.....	42
4.2.Análisis Clúster de las variables.....	47
4.2.1. Resultados con 22 variables.....	47
4.2.1.1.Resultados Clúster Jerárquico.....	47
4.2.1.2. Resultados Clúster Partiales.....	49
4.2.2. Resultados Kmedia y PAM – 16 y 13 variables.....	51
4.3.Nuevos índices.....	54
5.Conclusiones.....	60
6.Referencias.....	62

Índice de figuras

Figura 1- Composición gravimétrica Brasil.....	5
Figura 2- Ejemplos transformaciones de variables.....	13
Figura 3- Mapa localización São Paulo.....	22
Figura 4 – Vertedero en São Paulo.....	22
Figura 5 – Composicion gravimétrica São Paulo.....	23
Figura 6 – Mapa localización Rio de Janeiro.....	24
Figura 7 – Vertedero Jardin Camacho.....	24
Figura 8 – Composición gravimétrica Rio de Janeiro.....	25
Figura 9 – Composición reciclables Rio de Janeiro.....	25
Figura 10 – Mapa localización Salvador.....	25
Figura 11 – RSU en las calles de Salador.....	25
Figura12 – Composición gravimétrica Salvador:.....	26
Figura 13 – Mapa localización Brasilia.....	26
Figura 14 – Vertedero Estrutural.....	26
Figura 15 – Composición gravimétrica Brasilia.....	27
Figura 16 – Mapa localización Fortaleza.....	28
Figura 17– Vertedero de Jangurussu.....	28
Figura 18– RSU por las calles de Fortaleza.....	29
Figura 19– RSU por las calles de Fortaleza.....	29
Figura 20– Colecta Especial Urbana.....	29
Figura 21– Colecta Especial Urbana.....	29
Figura 22 – Composición gravimétrica Fortaleza.....	29
Figura 23 – Mapa localización Belo Horizonte.....	30
Figura 24– Vertedero de Morro das Pedras.....	30
Figura 25 – Composición gravimétrica Belo Horizonte.....	31
Figura 26 – Vehículos utilizados en la recogida.....	31
Figura 27 – Contenedores	31
Figura 28 – Estación de transbordo.....	32
Figura 29 – Vertedero de Macaúbas.....	32
Figura 30 – Mapa localización Manaos.....	33
Figura 31– RSU en los Igarapés.....	33
Figura 32 – Composición gravimétrica Manaos.....	33

Figura 33 – Mapa localización Curitiba.....	34
Figura 34– Vertedero da Cachimba.....	34
Figura 35 – Composición gravimétrica Curitiba.....	35
Figura 36 – Colecta puerta a puerta.....	35
Figura 37 – Remoción de los contenedores	35
Figura 38 – Mapa localización Recife.....	36
Figura 39– Vertedero Gramacho.....	36
Figura 40 – Composición gravimétrica Recife.....	37
Figura 41 – Colecta domiciliar.....	37
Figura 42– Vertederos, destinación final RSU.....	37
Figura 43 – Mapa localización Porto Alegre.....	38
Figura 44– Vertedero <i>Minas do Leão</i>	38
Figura 45 – Colecta en latas, colecta convencional.....	39
Figura 46– Colecta automatizada, en contenedores(1000l).....	39
Figura 47 – Colecta convencional.....	39
Figura 48– Colecta automatizada.....	39
Figura 49 – Composición gravimétrica Porto Alegre.....	40
Figura 50 – Datos transformados en índices de los valores.....	46
Figura 51 – Dendrograma con 22 variables.....	49
Figura 52 – Silhouette Kmedia con 22 variables.....	50
Figura 53 – Silhouette PAM con 22 variables.....	50
Figura 54 – Silhouette Kmedia con 16 variables.....	52
Figura 55 – Silhouette PAM con 16 variables.....	52
Figura 56 – Silhouette Kmedia con 13 variables.....	53
Figura 57 – Silhouette PAM con 13 variables.....	53
Figura 58 – Gráfico índices tabla 8.....	57
Figura 59 – Gráfico de los 4 clústeres.....	59
Figura 60 – Gráfico de los 4 clústeres.....	60

Índice de tablas

Tabla 1 – Composición gravimétrica en Brasil.....	5
Tabla 2 – Datos ciudades brasileñas.....	10
Tabla 3 – Datos transformados.....	45
Tabla 4 – Comparativa 22 variables.....	51
Tabla 5 – Comparativa 16 variables.....	52
Tabla 6 – Comparativa 13 variables.....	54
Tabla 7 – Nuevos índices.....	55
Tabla 8 – Índices de demanda y de oferta.....	57
Tabla 9 – Rank de las ciudades.....	61

SIGLAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre

DLPC – Departamento de Limpeza Urbana de Curitiba

EMLURB – Empresa Municipal de Limpeza e Urbanização de Fortaleza e Recife

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

IPEA – Instituto de Pesquisa de Economia Aplicada

IPTU - Imposto sobre a Propriedade Predial Urbana

LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PMGIRS – Plano Municipal Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

SEMULSP – Secretaria Municipal de Limpeza Urbana da cidade de Manaus

SLU – Serviço de Limpeza Urbana de Brasília y Belo Horizonte

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

ONU – Organización das Naciones Unidas

1. INTRODUCCIÓN

Según el *Urban World Forum*, fórum internacional organizado por las Naciones Unidas dedicado a tratar temas relacionados a urbanismo, la sustentabilidad urbana, puede ser definida a partir de un conjunto de prioridades, como la superación de la pobreza, la promoción de la equidad, la mejoría de las condiciones ambientales y la preservación a su degradación. Se puede incluir el fortalecimiento de la vitalidad cultural, del capital social y de la ciudadanía, y también las interrelaciones con cuestiones de ámbito regional y global; como el efecto estufa que tiene relación directa con la emisión de los gases generados en la producción y disposición final de los residuos. (McGranahan & Satterthwaite, 2002; IPCC, 2011)

La gestión y disposición inadecuadas de los residuos sólidos generan impactos socio-ambientales tales como: la degradación del suelo, comprometimiento de los manantiales, intensificando las inundaciones, contribuir para la polución del aire y prolifera los vectores de importancia sanitaria de los centros urbanos y en la recogida alternativa, que aquí llamamos de *catação* (hecha por los llamados *catadores*), en condiciones insalubres por las calles y en las áreas de disposición final.

1.1.RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Según Hahn y Lauridsen (1994):

La gestión de los residuos solidos se convierte en necesaria e importante en el momento en que la estructura de la sociedad deja de ser agrícola, de baja densidad y dispersa y se convierte en otra urbana de alta densidad. Además, la industrialización ha introducido una gran cantidad de productos que la naturaleza no es capaz de descomponer ni absorber o lo hace de forma muy lenta.

Algunos productos industriales contienen sustancias que, por su baja capacidad de degradación o incluso sus características tóxicas, se acumulan en la naturaleza en cantidades tales que representan una amenaza para el aprovechamiento futuro de los recursos naturales por parte de la humanidad, como por ejemplo, el agua potable, la tierra de labor, el aire, etc.

Los residuos sólidos son todos los desechos que tienen el origen de las actividades humanas y animales, y están en el mencionado estado. La definición de residuos sólidos urbanos se utiliza para nombrar todos los desechos generados por los núcleos urbanos y sus zonas de afluencia.

Desde los tiempos de las sociedades primitivas, los seres humanos utilizan los recursos naturales provenientes del planeta para vivir y consecuentemente los descartan. En esos tiempos no habían muchos problemas relacionados a la generación y descarte de los residuos, por ser la población relativamente poca, en relación a la cantidad de tierra disponible.

Puede decirse que los problemas para la disposición de los residuos empezó cuando los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, villas y comunidades, que la acumulación de los residuos pasó a ser consecuencia del modo de vida.

Con la peste bubónica del siglo XIV, que ha matado casi la mitad de la población europea, ha quedado clara la relación de la salud pública y la gestión de los residuos sólidos.

Con el desarrollo de la sociedad tecnológica y de la revolución industrial se empezó a generar cada vez más residuos. Se ha permitido la ampliación de la productividad y densidad de la población, desarrollo de los transportes, evolución del comercio internacional, advenimiento de nuevos materiales entre otros factores. La sociedad a nivel mundial aumenta el consumo material y consecuentemente en descarte de los productos, la sociedad de consumo.

Con todo eso el desafío de la sostenibilidad urbana es una constante preocupación en los países desarrollados y principal en los países en

desarrollo. En el caso de Brasil, uno de los principales problemas ambientales son los residuos sólidos urbanos.

Considerando que la economía brasileña se ha convertido en una de las principales del mundo, a partir de 2003, hoy es la primera de América Latina, la segunda de las Américas y la séptima nivel mundial. La producción y el consumo han aumentado mucho en los últimos años, y esta claro que consecuentemente la generación de los residuos también ha aumentado y quizás la gestión de los residuos no tengan acompañado con la misma velocidad. Con la cultura del culto al nuevo, a lo tecnológico, a productos que podrían durar años pero son descartados a tiempos muy cortos y de modo irregular, acelera la generación de residuos.

En Brasil la implementación de la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS), fue aprobada en el 2010, después de veinte años en tramitación en el Congreso Nacional. Los principales objetivos establecidos por la ley tenía como prioridad acabar con los vertederos ilegales hasta el 2014 que fue prorrogado hasta el 2018, implantar la colecta selectiva de los residuos, la logística reversa (que significa la recuperación de los materiales después el consumo, dando continuidad a su ciclo de vida como insumo para la fabricación de nuevos productos) y el compostaje de los residuos húmedos.(PNRS, 2011)

Los marcos fundamentales para la concepción del Plan de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Urbanos en Brasil, están relacionadas a discusiones internacionales, principal la Conferencia Rio 92 y el lanzamiento del *Fórum Nacional Lixo e Cidadania*, que también es considerado un marco importante en la reflexión sobre la forma de gestión de los RSU en Brasil.

En los últimos cincuenta años, el Brasil, ha pasado de un país agrario a un país urbano, según información de IBGE. Dicho crecimiento no fue acompañado por la provisión de infraestructura y servicios urbano, entre otros problemas.

Pero la preocupación con la gestión de los residuos sólidos es un problema que desde hace unas décadas ha tomado las mesas de debates y busca de soluciones en ámbito mundial, debido a la concientización y preocupación en relación al medio ambiente. De tal modo que la complejidad de las actuales demandas ambientales, sociales y económicas hace con que

haya una interrelación entre el gobierno, la sociedad civil y la iniciativa privada.

Brasil es un país de dimensiones continentales, tiene el área de 8.515.767,049 km², con la población de 204.087.148 habitantes, según datos del *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (IBGE).

La cobertura del servicio en las zonas urbanas esta casi al 100%, y la generación de los residuos varia entre 0,9 a los 2 kilos per cápita, que puede ser comparada con la generación per cápita en algunos países de Asia, como China y Tailandia, 0,2kg a 1.7 kg y 1kg a 1.6 kg respectivamente (Zhang, Tan, y Gersberg, 2010; Visvannathan, y Trankler, 2003). Según datos de Abrelpe (*Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais*) en el 2013 se ha generado 189.219 toneladas de residuos día y los servicios de colecta están cada vez más privatizados. De los residuos colectados el 58% tiene la destinación final en vertederos controlados y el 13% de ese total es reciclado. El 18% de los municipios de Brasil tienen la colecta selectiva. De los 5.570 municipios brasileños, 1.865 declaran poseer planes de gestión integrada de residuos sólidos, solamente un 33%.

Por ejemplo en Alemania, que es un país del llamado primer mundo o desarrollado, tiene aproximadamente 358km² de área y población de 80.767.463 habitantes, los porcentuales de reciclaje son muy altos, constan que el 75% de los residuos municipales, 80% de los residuos comerciales y el 90% de los residuos de demolición y construcción son reciclados.(WMG,2009).

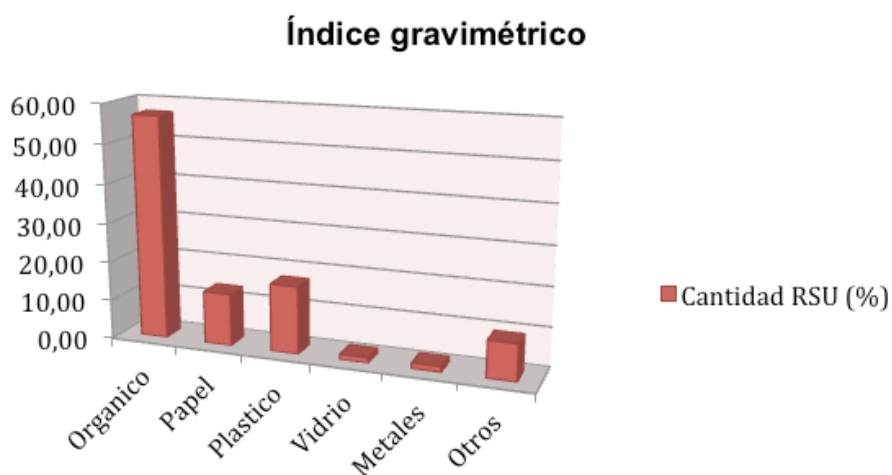
En Brasil hay una interacción muy fuerte entre el trabajo formal y el informal en la recolección de los residuos. En Brasil hay 1.175 cooperativas o asociaciones de trabajadores informales, los cuales los llamamos de *catadores*, con un total aproximado de 30.390 trabajadores (*Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada*, IPEA, 2011). En Brasil hacen parte de la gestión de los residuos en las ciudades.

En China, un país que ha crecido mucho tanto económicamente como también poblacionalmente en las ultimas dos décadas el trabajo informal en la recolección de los residuos es un problema, pues hay dos veces más gente trabajando informalmente que formalmente. Para los que trabajan en el

sistema de recolección informal en general tienen dificultada la regularización y implementación de un sistema estandarizado de tratamiento de los residuos, adicionalmente los trabajadores tienen un medio de trabajo insalubre, teniendo un impacto negativo en su salud. (Banco Mundial, 2005).

Residuos	Participación (%)	Cantidad (t/día)
Metales	5,8	10.587,10
Papel, cartón	13,1	23.997,49
Plástico	13,5	24.847,90
Vidrio	2,4	4.388,60
Orgánico	51,4	94.335,10
Otros	16,7	30.618,90
Total	100	183.481,50

Tabla 1. Estimativa composición gravimétrica. Fuente: propia



Figura

1. Índice gravimétrico. Fuente: propia.

Conforme el grafico gravimétrico de Brasil pódese concluir que la porción biodegradable es dominante, eso es normalmente una característica típica de los países en desarrollo, y también es normal un alto índice de generación de papel y cartón. La composición de los residuos es orientativo para la definición de la tecnología necesaria para el procesamiento de los residuos anterior a la disposición final. La generación de los residuos solidos

urbanos esta basada en el desarrollo económico, densidad de la población, tamaño del centro urbano y nivel de consumo de la población.

Hoy el Brasil cuenta con las siguientes bases jurídicas relacionadas con el medio ambiente: Plan Nacional sobre el cambio climático – PNMC (2008), una política Nacional de Cambios Climáticos (Ley 12.187 del 29/12/2009) que establece metas voluntarias de reducción de las emisiones de los gases de efecto estufa – GEE (entre los 36,1% e 38,9% hasta el 2020), bien como un Fondo Nacional sobre el Cambio del Clima (Ley 12.014, del 09/12/2009), que forman con el PNRS (Plan Nacional de Residuos Solidos, ley 12.305/2010) y la Ley Federal de Saneamiento Básico (Ley 11.445/2007) forman un marco jurídico institucional para el desarrollo sostenible del país.

En Brasil casi a modo general cuando los servicios de gestión de los residuos sólidos urbanos son cobrados se hace mediante al Impuesto Predial (IPTU), que el valor puede variar de acuerdo con la región y tamaño del inmueble. En muchos países, como por ejemplo Alemania y Japón, utilizan el programa PAYT (*Pay as you Throw*), que consiste básicamente en pagar por la cantidad de residuos generados, o mejor la cantidad de servicio utilizado, más o menos como el uso de la electricidad o gas. En algunas comunidades se cobra por el peso generado y otras por unidades de bolsos de basura. El programa genera un incentivo económico al reciclaje y a disminución de la generación de residuos. (NCDENR, 1999)

El valor del impuesto cobrado en las ciudades brasileñas destinado a la gestión de los residuos solidos urbanos es de 40 euros por año por residencia en media, la frecuencia del servicio puede ser diario o como máximo una vez a la semana. Ya países como Suecia el valor cobrado a las viviendas es de aproximadamente 155 euros por año y la frecuencia del servicio de recogida es de dos en dos semanas.(Nosso lixo, 2012)

Según datos del Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento(SNIS), en el año de 2013, el 98,4% de la población urbana está atendida por la colecta de residuos, es posible inferir la destinación final del 80% de los residuos recolectados. El 67% tienen destinación final a vertederos, el 11% para vertederos ilegales a cielo abierto y el 2% para las

unidades de selección y compostaje. Los 20% sin información se refiere a los municipios de menos de 30 mil habitantes.

1.2.OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es analizar y describir el escenario actual referente a la gestión de los residuos sólidos urbanos en Brasil. Con un universo restringido a las diez ciudades más grandes de Brasil, como muestra demostrativa de Brasil. Procurase las diferencias y similitudes entre las técnicas y modelos de gestión empleados en las distintas ciudades en distintas regiones geográficas de Brasil. Pues a partir del año de 2012 fue instituido en el país la Política Nacional de Residuos Sólidos , que intenta incorporar conceptos modernos de gestión de residuos sólidos y se propone a traer nuevas herramientas a la legislación brasileña. Decurrente del Plan Nacional han previsto también la elaboración de planes municipales de gestión integrada.

Como objetivo específico del presente trabajo se presenta la recopilación de datos relativos a las ciudades analizadas y a la gestión de los residuos sólidos urbanos, exponiendo así las informaciones obtenidas, proponiéndose entonces un método para la clasificación, de forma sencilla, de las ciudades desde el enfoque del RSU. Con la finalidad de proponer medidas para el desarrollo de una política enfocada y basada en evidencias, metodológicamente comprobadas.

2. METODOLOGIA

“Un conjunto de actividades sistemáticas y racionales que, con mayor seguridad y economía, permite alcanzar los objetivos. Conocimientos validos y verdaderos , que enseñan el camino a ser seguido, detectando errores y auxiliando las decisiones del científico.” (Lakatos y Marconi, p41-2, 2002).

Para el desarrollo del presente trabajo fueron escogidas de los 5.570 municipios de Brasil, las diez ciudades más grandes, coincidentemente son todas capitales. Que engloban un total de 20,5% de la población urbana del país.

Fueron analizadas características demográficas como: población área, densidad, Índice de Desarrollo Humano (IDH), renta per cápita mensual, índice de Gini, también conocido como coeficiente de Gini que mide la desigualdad, el porcentual de pobreza y de extrema pobreza; características climatológicas como la temperatura media anual, las precipitaciones, a humedad relativa y distancia del litoral; características relacionadas con el servicio como frecuencia de recogida, cantidad de trabajadores, tanto privados como también públicos y la cantidad de cooperativas; y características cuanto a la destinación final, como porcentual de cada destinación y cantidad de residuos reciclables, o mejor que son reciclados. Verificar también si las diferencias demográficas, hablando de un modo general sobre determinadas características de las ciudades analizadas, generan alguna diferencia en relación a los residuos sólidos urbanos, que sea sobre la generación o gestión. Totalizando 38 variables iniciales.

2.1. Datos

La búsqueda de informaciones y datos de las ciudades se hace a partir del banco de datos de sistemas relacionados con el gobierno, son los siguientes: Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento (SNIS), Sistema Nacional Sobre la Gestión de Residuos Solidos (SINIR), Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y Ministerio del Medio Ambiente

(MMA). Inicialmente se ha tomado un total de treinta y ocho variables referentes a las diez ciudades analizadas en Brasil.

Las variables fueron definidas de acuerdo con estudio previo de algunos trabajos relacionado al tema. De acuerdo con la comparación que se hace por Mizpah Asase (Waste Management, 2009), entre dos ciudades, Ontario y Kumasi, utiliza como ejemplo el sistema de gestión integrado utilizado en Canadá para la mejoría del utilizado en Ghana. Las características analizadas en ese estudio varían de las características demográficas específicas de cada ciudad y características de los residuos, como generación, composición, gestión, planes estratégicos, leyes y desafíos futuros. Que se queda demostrado claramente la diferencia de gestión en los países desarrollados y en los no desarrollados.

Ciudad	Poblacion (2012)	Area(km2)	Densidad (hab/km2)	IDH (2010)	Renta per capita mensual (euros)	Indice de Gini	% extrema pobreza	% pobreza
1.Sao Paulo	11.376.685	1.501,10	7.398,26	0,805	505,4	0,62	0,92	4,27
2.Rio de Janeiro	6.390.290	1.200,28	5.265,82	0,799	497,54	0,62	1,25	5,01
3.Salvador	2.710.225	693,276	3.859,44	0,759	324,33	0,63	3,97	11,35
4.Brasilia	2.648.532	6.780,00	444,66	0,824	571,7	0,63	1,19	4,93
5.Fortaleza	2.500.194	314,93	7.786,44	0,754	282,12	0,61	3,36	12,14
6.Belo Horizonte	2.395.785	331,401	7.167,00	0,81	499,09	0,6	0,79	3,8
7.Manaus	1.861.838	11.401,09	158,06	0,737	263,42	0,61	3,75	12,9
8.Curitiba	1.776.761	435,036	4.027,04	0,823	527,01	0,55	0,48	1,73
9.Recife	1.555.039	218,435	7.039,64	0,772	381,42	0,68	4,77	13,2
10.Porto Alegre	1.416.714	496,682	2.837,53	0,805	586,09	0,63	0,92	3,82

Tabla 2. Datos ciudades (continua). Fuente : propia.

Ciudad	Temp. media anual(°)	Precipitaciones (mm/anual)	Humedad relativa (%/anual)	Distancia litoral (km)	Cobro del servicio	Gastos per capita (euro/per capita/año)	% de cobertura	Cantidad de RSU recogidos(t/año)
1.Sao Paulo	19,2	1441	78,4	70	No	51,69	100	4.031.022,40
2.Rio de Janeiro	23,8	1069,4	79,1	0	Si	59,62	100	3.450.035,20
3.Salvador	26	2144	80,9	0	Si	36,32	92	889.079,60
4.Brasilia	21,4	1540	67,6	1150	Si	44,83	98,3	1.377.139,00
5.Fortaleza	26,6	1608,4	78,8	0	No	32,81	100	1.856.692,70
6.Belo Horizonte	21,1	1463,7	72,2	390	Si	42,98	95	1.000.170,50
7.Manaus	26,5	2307,4	83,1	0	No	8,51	95,2	945.315,80
8.Curitiba	16,8	1483,4	80,7	100	Si	33,03	100	675.057,50
9.Recife	25,2	2417,6	79,8	0	Si	37,8	100	797.440,00
10.Porto Alegre	19,5	1320,5	76	95	Si	48,31	100	649.540,00

Tabla 2. Datos ciudades (continua). Fuente: propia.

Ciudad	Frecuencia del servicio(%)			Trabajadores en RSU			Cooperativas(catadores)	
	Diario	2,3 veces semana	Semanal	Total	Publico	Privado	Entidades	Personas
1.Sao Paulo	10,00	90		17063	183	16880	20	899
2.Rio de Janeiro	6,00	81	13	23303	20833	2470	41	2549
3.Salvador	72,00	28		4220	601	3619	16	242
4.Brasilia	75,00	24	1	5753	2020	3733	30	1814
5.Fortaleza	2,00	98		3654	825	2829	14	303
6.Belo Horizonte	14,00	86		4113	1513	2600	8	333
7.Manaus	100,00			3471	887	2584	2	98
8.Curitiba	25,00	75		2941	94	2847	14	315
9.Recife	44,00	56		2992	487	2505	5	92
10.Porto Alegre	10,00	90		2674	1127	1547	17	505

Tabla 2. Datos ciudades (continua). Fuente: propia.

Ciudad	Cantidad RSU(kg/per capita/dia)	Cantidad RSU recogida selectiva (t/ano)	% cobertura recogida selectiva	Unidad de Transbordo	Unidad de Triage	Compostaje	Incineracion	Vertederos
1.Sao Paulo	0,98	92.188,80	70,4	4141604,5	48387,5			3218926,2
2.Rio de Janeiro	1,48	10.111,40	29,7	1617860,3	520,3			3227481
3.Salvador	0,9	2.600,00	2,2	707638,4				915284,4
4.Brasilia	1,48	13.021,30	5,9	396296,6	8905,9	31189,2		822438
5.Fortaleza	2,03	1.661,90	0,3	383251,3				1666975,5
6.Belo Horizonte	1,14	9.930,40	14,8	296599,5	8129	2952		909822,5
7.Manaus	1,42	1.427,10	16					894595,2
8.Curitiba	1,04	36.873,80	100					523383
9.Recife	1,4	2.728,00	55,9				651,8	863122
10.Porto Alegre	1,26	37.440,00	100	623560	8801	4080		632419,1

Tabla 2. Datos ciudades (continua). Fuente: propia.

Ciudad	Reciclaje					
	Total	Papel y carton	Plasticos	Metales	Cristal	Otros
1.Sao Paulo	23973,1*	11986,50	6712,50	1678,10	3596,00	0,00
2.Rio de Janeiro	7245,20	2156,60	1696,20	339,20	2940,10	113,10
3.Salvador	4172,50	3294,00	446,60	235,30	193,00	3,60
4.Brasilia	10177,00	3927,00	4721,00	1529,00	0,00	0,00
5.Fortaleza	4178,50	3081,10	464,30	422,10	211,00	0,00
6.Belo Horizonte	6886,6**	4131,00	912,00	33,50	788,10	1022,00
7.Manaus	1482,20	652,10	400,20	192,70	148,20	89,00
8.Curitiba	29748,00	14874,00	5950,00	3570,00	4462,00	892,00
9.Recife	937,00	600,00	146,00	74,00	117,00	0,00
10.Porto Alegre	14400,00	7020,00	2808,00	702,00	3230,00	640,00

Tabla 2. Datos ciudades (conclusión). Fuente: propia.

En la tabla 2 se ha agrupado las variables de acuerdo con las siguientes características: a)demográficas: población, área, densidad, Índice de Desarrollo Humano, renta per cápita, Índice de Gini (índice que mide hasta

qué punto la distribución del ingreso o, en algunos casos, el gasto de consumo, entre individuos o hogares dentro de una economía se aleja de una distribución perfectamente equitativa, Banco Mundial), porcentual de pobreza y extrema pobreza; b) climatológicas: temperatura media anual, precipitaciones, humedad relativa, distancia del litoral; c) del servicio: cobro del servicio, gasto per cápita, porcentual de cobertura del servicio, cantidad de RSU recogidos (t/año), cantidad residuos per cápita, cantidad de residuos colectados por colecta selectiva, porcentual de cobertura del servicio de colecta selectiva, frecuencia del servicio, cantidad de trabajadores y cooperativas; d) destinación final: unidades de transbordo, unidades de transbordo, compostaje, incineraciones, vertederos y cantidades de reciclados.

2.1.1. Normalización de los datos o escalar variables

De las 38 variables iniciales solamente se ha quedado con 22, que fueron seleccionadas de acuerdo con criterios técnicos identificados por medio de consulta bibliográfica (Polaz y Teixeira, 2009; Sharholly, Ahmad, Mohmood y Trivedi, 2008). Las definiciones a seguir son basados en los conceptos de Diazarque (n.d.).

La tipificación de las variables resulta muy útil para eliminar su dependencia respecto a las unidades de medida empleadas. En realidad, una tipificación equivale a una transformación lineal

$$Z = \frac{X - \bar{x}}{\sigma} = \frac{1}{\sigma}X - \frac{\bar{x}}{\sigma}$$

siendo $Z = aX + b$ donde $a = \frac{1}{\sigma}$ y $b = -\frac{\bar{x}}{\sigma}$.

La variable tipificada expresa el numero de desviaciones típicas que dista de la media cada observación. Por ello, se puede comparar la posición relativa de los datos de diferentes distribuciones. Otra situación habitual se presenta cuando se hace un cambio de unidades de medida. A pesar de las buenas propiedades de las transformaciones lineales, éstas no son suficientes para modificar rasgos mas complejos de una distribución como por ejemplo asimetría. Para hacer mas simétrica una distribución se deben hacer transformaciones no lineales.

Transformaciones no lineares. Supongamos que se trata de estudiar el crecimiento del consumo de energía en diferentes países. Una opción consiste en estudiar las diferencias de consumo entre dos instantes de tiempos $C_t - C_{t-1}$, pero en general resulta más conveniente considerar las diferencias relativas: $(C_t - C_{t-1})/C_{t-1}$ o bien $(C_t - C_{t-1})/C_t$. Una medida más adecuada consiste en tomar algoritmos

$$\ln C_t - \ln C_{t-1} = \ln \frac{C_t}{C_{t-1}} = \ln \left(1 + \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}} \right) \approx \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}}$$

ya que $\ln(1 + x) \approx x$, para valores de x pequeños.

Así, si se expresa la variable en algoritmos, su crecimiento en dicha escala es buena medida del crecimiento relativo.

Por otro lado, dado que $C_t \geq C_{t-1}$, entonces

$$\frac{C_t - C_{t-1}}{C_t} \leq \ln \frac{C_t}{C_{t-1}} \leq \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}}$$

de modo que las diferencias de las variables transformadas por un algoritmo, son una medida promedio de las dos formas posibles de medir el crecimiento relativo.

Como regla general, se trata de escoger una transformación que conduzca a una distribución simétrica, y más cercana a la distribución normal. De este modo, se pueden aplicar numerosas técnicas de inferencia estadística.

En una distribución simétrica unimodal, la media, moda y mediana coinciden; además, el coeficiente de asimetría es cero (así como todos los *momentos* de orden impar).

Transformaciones no lineares mas frecuentes. Cuando se tienen distribuciones de frecuencias con asimetría negativa (frecuencias altas hacia el lado derecho de la distribución), es conveniente aplicar la transformación $y = x^2$. Esta transformación comprime la escala para valores pequeños y la expande para valores altos. Para distribuciones asimétricas positivas se usan las transformaciones \sqrt{x} , $\ln(x)$ y $1/x$, que comprimen los valores altos y expanden los pequeños. El efecto de estas transformaciones esta en orden creciente: menos efecto \sqrt{x} , más $\ln(x)$ y más aún $1/x$.

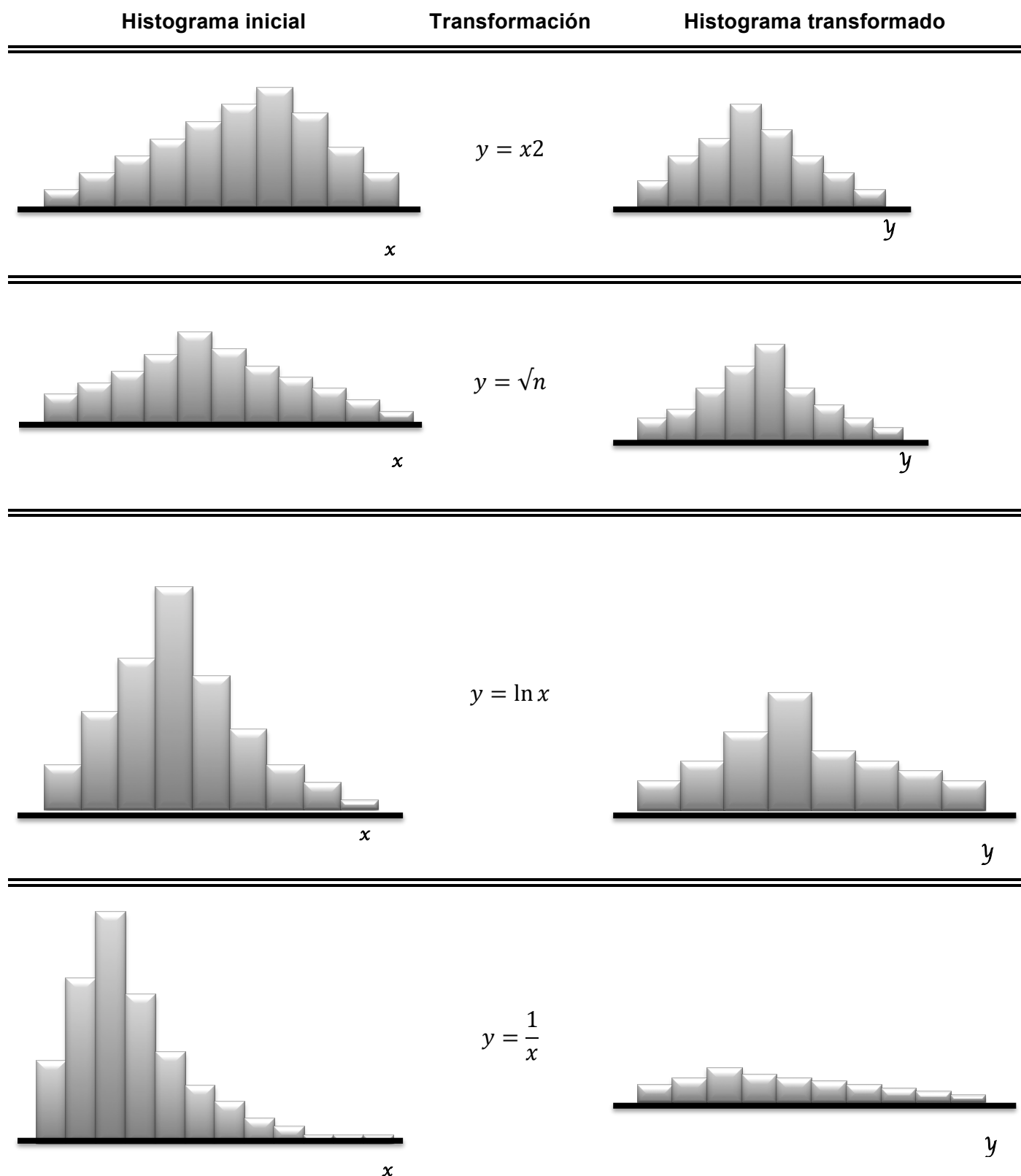


Figura 2. Ejemplos de transformación de variables. Fuente(Propia)

La transformación mas utilizada es la del logaritmo. Muchas distribuciones de datos económicos, o de consumo se convierten en simétricas al tomar la transformación logaritmo.

Las medidas basadas en el orden de los datos, como la medida o los cuartiles se mantienen iguales cuando se hace una transformación monótona, h , del estilo de las previamente citadas:

$$x_1 > x_2 \Rightarrow h(x_1) > h(x_2)$$

2.2. Análisis Clúster

La palabra clúster es un termo castellanizado de la palabra inglesa *cluster*, no comprendida por la Real Academia de la Lengua Española. Sin embargo la traducción de dicha palabra es “ racimo” o “grupo” y la definición básicamente se refiere a cualquier agrupación de entes (Oxford, n.d.).

El análisis clúster, utilizado en el presente trabajo, es una técnica utilizada para clasificar un conjunto o un montante de informaciones en cantidades mas manejables, es una reducción de datos .

Pertenece, al igual que otras tipologías y que el análisis discriminante al conjunto de técnicas que tiene por objetivo la clasificación de los individuos. La diferencia fundamental entre el análisis clúster y el discriminante reside en que en el análisis clúster los grupos son desconocidos a priori y son precisamente o que queremos determinar, mientras que en el análisis discriminante, los grupos son conocidos y lo que pretendemos es saber en que medida las variables disponibles nos discriminan esos grupos y nos pueden ayudar a clasificar o asignar individuos a grupos de datos.

Así pues, el objetivo es obtener clasificaciones (*clusterings*), teniendo, por lo tanto, el análisis un carácter exploratorio.

Se trata, fundamentalmente, de resolver el siguiente problema: dado un conjunto de individuos (de N elementos ,que aquí son las ciudades, diez en total) caracterizado por la información de n variables X_j , ($j= 1, 2, \dots, n$), nos planteamos el reto de ser capaces de clasificarlos de manera que los individuos pertenecientes a un grupo (clúster) y siempre a respecto a la información disponible, sean tan similares entre sí que como sea posible, siendo los distintos grupos entre ellos tan similares como sea posible. Se pretende encontrar un conjunto de grupos a los que ir asignando los distintos

individuos por algún criterio de homogeneidad.(Chavant, Liquet, Kuentz, y Saracco, 2011).

Inicialmente si debe plantear se si empieza la agrupación partiendo de algunos grupos ya establecidos, o se si debe considerar cada elemento como un clúster inicial que posteriormente se irá agrupando para conseguir los clústeres finales. Básicamente, el análisis constará de un algoritmo de clasificación que permitirá la definición de una o mas particiones de acuerdo con criterios establecidos. El proceso completo puede ser estructurado de acuerdo con:

- Se parte de un conjunto de N individuos de los que se dispone de una información cifrada por un conjunto de n variables (una matriz de datos de N individuos $\times n$ variables) .
- Se establece un criterio de similaridad para poder determinar: Una matriz de similaridades que se permita relacionar la semejanza de los individuos entre sí (matriz de N individuos $\times N$ individuos).
- Se escoge un algoritmo de clasificación para determinar la estructura de agrupación de los individuos.
- Se especifica esa estructura mediante diagramas arbóreos o dendrogramas o otros gráficos.

En el presente trabajo fue utilizado el Software libre de estadística “R”. Ese programa fornece una grande cantidad de variedades de estadística (modelación lineal y no lineal, testes de clasificación estadística, análisis *time-series*, clasificación, clustering, ...) y técnicas graficas.

Utilizando el R package se hice tres simulaciones con tres métodos distintos, el método Ward, el K means y el PAM.

2.3. Métodos Cluster WARD, K-MEANS Y PAM

La mayor parte de los métodos de clustering son de dos tipos:

- **Particionales:** producen una única partición, D_1, \dots, D_c , que optimiza una función criterio.

- **Jerárquicos:** jerarquía de particiones “anidadas”; cada nivel de la jerarquía es en si misma una partición, obtenida por unión de clústeres de la jerarquía inferior.

La idea básica de agrupamiento empieza cuando si tiene varios objetos y si quiere agruparlos por las características que pueden ser cuantitativas o cualitativas. Los grupos son formados de manera que las distancias entre los elementos de un grupo sean mínimas y las distancias entre los grupos sean máximas. El análisis del agrupamiento es una de las principales técnicas utilizadas para verificar las cuestiones específicas de interés en el caso.

Una clase de métodos ampliamente utilizada envuelve agrupamientos aglomerados jerárquicos, donde dos grupos escogidos para optimizar algún criterio, son unidos a cada etapa del algoritmo. Un criterio incluye la suma de los cuadrados de dentro del grupo (Ward, 1963) y la distancia entre grupos. Otra clase de métodos esta basada en la partición, en que determinados puntos son movidos de un grupo para otro hasta que no haya mejoras según algún criterio. La partición con el criterio de suma de cuadrados es llamada agrupamiento de K-medias (MacQueen, 1967). Aunque haya una cantidad de pesquisa considerable en esa área, por ejemplo, el análisis de los dendrogramas para los agrupamientos jerárquicos.

2.3.1.Método de Clúster Jerárquico: WARD

Es un criterio aplicado al Análisis de clúster jerárquico. El método de Ward de varianza mínima es un caso especial de la función objetivo de aproximación presentado originalmente por Joe H. Ward. Ward sugirió un procedimiento general de *aglomeración de clúster jerárquico* donde el criterio para la elección del par de clúster a mezclar en cada paso es basado en el valor óptimo de una función objetivo. Esta función objetivo podría ser "cualquier función que refleje el propósito del investigador". Muchos de los procedimientos estándares de agrupamiento son contenido en esta clase general.

2.3.2.Método de Clúster Particional: K -means

Es un método de agrupamiento, que tiene como objetivo la partición de un conjunto de n observaciones en k grupos en el que cada observación pertenece al grupo más cercano a la media. Es un método utilizado en minería de datos, eso es, un campo de las ciencias de la computación referido al proceso que intenta descubrir patrones en grandes volúmenes de conjuntos de datos.

2.3.3.Método de Clúster Particional: PAM (Partitioning Around Medoids)

El algoritmo busca k objetos representativos (medoides) que se encuentran centrados en los conglomerados que ellos definen. El medoide, objeto representativo del conglomerado, es aquel objeto para el cual la disimilitud promedio con todos los objetos en el conglomerado es mínima. En realidad, el algoritmo PAM minimiza la suma de disimilitudes en vez de la disimilitud promedio. La selección de k medias es se lleva a cabo en dos fases. En la primera, se obtiene un conglomerado inicial con la selección sucesiva de objetos representativos hasta hallar k objetos. El primer objeto es aquel para el cual la suma de las disimilitudes con todos los otros objetos es tan pequeña como sea posible. (Es una especie de "Mediana multivariada" de los N objetos, de allí el término "medoide".) En cada paso, PAM selecciona el objeto que hace decrecer la función objetivo (suma de disimilitudes) tanto como sea posible. En la segunda fase, se hace un intento de mejorar el conjunto de objetos representativos. Esto se hace al considerar todos los pares de objetos (i, h) para los cuales se ha escogido el objeto i y el objeto h no se ha escogido, verificando si la escogencia de h y desechando i reduce la función objetivo. En cada paso, se hace el intercambio más económico.

2.4.Graficos de resultados

Los resultados de las agrupaciones pueden ser representadas por algunos tipos de gráficos.

2.4.1.Dendrograma

Un dendrograma es un tipo de representación grafica o diagrama de datos en forma de árbol que organiza datos en subcategorías que se van dividiendo en otras hasta llegar a nivel de detalle deseado. Ese tipo de representación permite apreciar las relaciones de agrupación entre los datos e incluso entre grupos de ellos aunque no las relaciones de similitud o cercanía entre categorías. Se puede referir al dendrograma como la ilustración de las agrupaciones derivadas de la aplicación de un algoritmo de clustering jerárquico.

El dendrograma es una herramienta visual que puede auxiliar en la decisión de la cantidad de grupos que podría ser mejor representada la estructura de los datos, teniendo en cuenta la forma que se van conectando los clústeres y la medida de similitud a la cual lo hacen. Interseccionando el grafico se obtiene la separación en los grupos o clústeres.

El método utilizado para la creación del dendrograma es el *Ward*, método anteriormente explicado.

El numero de clústeres o grupos que deseamos agrupar los datos se lleva a cortar o interseccionar el dendrograma.

2.4.2.Silhouette o Silueta

Silhouette se refiere al método de interpretación y validación de los datos de clusterización. La técnica proporciona una representación gráfica sucinta de lo bien que cada objeto se encuentra dentro de su clúster. Fue descrita por primera vez por Peter J. Rousseeuw en 1986. (Rousseeuw, 1987)

El *Silhouette* o Silueta es un indicador del numero ideal de clústeres. Un valor más alto de este índice indica un caso más deseable del numero de clústeres. El coeficiente de Silueta para un conjunto está dato como la media del coeficiente de Silueta de cada objeto de la muestra, $s(i)$. Se puede utilizar el índice tanto para un grupo de puntos (clúster) o para cada punto.

El coeficiente de Siluete para u objeto es:

$$s(i) = \frac{b - a}{\max(a, b)}$$

donde:

- a es la distancia media entre el objeto y todos los otros objetos de la misma clase, y
- b es la distancia media entre el objeto y todos los otros objetos del clúster más próximo.
- El valor de $s(i)$ puede ser obtenido combinando los valores de $a(i)$ y $b(i)$ como se muestra a continuación:

$$s(i) = \begin{cases} 1 - \frac{a(i)}{b(i)}, & \text{si } a(i) < b(i) \\ 0, & \text{si } a(i) = b(i) \\ \frac{b(i)}{a(i)} - 1, & \text{si } a(i) > b(i) \end{cases}$$

- 0.71-1.0, las estructuras encontradas son solidas.
- 0.51-0,70, las estructuras encontradas son razonables.
- 0.26-0.50, las estructuras encontradas son débiles y tienen a ser artificiales. Se deberían intentar métodos alternativos para el análisis de los datos.
- < 0.25, no se encuentran estructuras.

Un valor de $s(i)$ cercano a cero indica que el objeto i está en la frontera de los clústeres. Por el contrario si el valor de $s(i)$ es negativo, entonces dicho objeto debería ser asignado al clúster más cercano.

2.5. Construcción de Índices

Un índice puede ser conceptualizado como un instrumento de medición por medio del cual se asignan medidas a las unidades de análisis en función de la posesión de algún indicador social o económico (Briones, 1995). En la investigación social y económica los índices tienen diversas aplicaciones, por ejemplo al utilizarse para el análisis de variables económicas es posible llegar a descubrir relaciones importantes en las

variables estudiadas (Webster, 1998).

La medición de las variables se hace por medio de números índice expresados en términos de cantidad, precio o valor. De acuerdo con Kazmier (1998) “un número índice es un valor relativo, expresado como porcentaje o cociente, que mide un periodo dado contra un periodo base determinado.” Los números índice son un excelente medio para la toma de decisiones empresariales y para evaluar el efecto de programas de índole socioeconómica. Esta sección se limita a presentar los índices de precios simple y de precios agregado.

Según Ott (1978), un indicador resulta ser la “*forma más simples de reducción de una gran cantidad de datos, manteniendo la información esencial para las cuestiones planteadas a los datos*”.

Existen muchos métodos y pasos para la construcción de índices compuestos, en el contexto de análisis de políticas, suelen utilizar para establecer ejercicios de *benchmarking* acerca del desempeño de las unidades de análisis con respecto a una unidad de análisis referencial (Huggins, 2003)

De acuerdo con literatura utilizada para la construcción de índices en el ámbito relacionada a agua y saneamiento básico (Giné y Pérez-Foguet, 2009) para la creación de un índice se debe seguir los siguientes pasos:

- 1- La selección de los indicadores:
 - a- Compilación y validación de datos disponibles
 - b- Definición y primera propuesta de indicadores
 - c- Clasificación de indicadores basada en un marco conceptual
 - d- Análisis estadística preliminar de la propuesta de indicadores
 - e- Selección de indicadores en un nivel de sub índice
- 2- Construcción de un índice:
 - a- Asignar pesos a los índices
 - b- Agregar sub índices
- 3- Validación de los índices
 - a- Análisis sensitiva

Las principales críticas de la construcción de un índice compuesto se centran en aquellas etapas en las que se deben hacer juicios de valor: la

selección de los indicadores simples, el tratamiento de los datos, la elección del modelo de agregación, la asignación de pesos a los indicadores, etc. Las diferentes elecciones metodológicas pueden dar lugar a una manipulación de resultados. Con consecuencia, la mejora en la construcción y utilización de los índices compuestos parece ser un tema actual de investigación muy importante, tanto del punto de vista teórico como operativo (European Commission, 2001; Paruolo, Saltelli y Saisana, 2013).

3. CASOS DE ESTUDIOS (Caracterización de las ciudades)

3.1.São Paulo



Figura 3. Mapa de São Paulo. Fuente: internet.



Figura 4. "Lixão" en São Paulo. Fuente: Abrelpe

En la región metropolitana de São Paulo hay 19,7 millones de habitantes, de los cuales un poco más de 11 millones viven en la ciudad, es la más grande Brasil y uno de los aglomerados más grandes del mundo. La ciudad tiene un área de aproximadamente 1.523 km². El índice de desarrollo humano es de 0,805 y con la renta per cápita alrededor de 505 euros.

El clima en la ciudad es considerado el Subtropical húmedo (tipo Cwa según Köppen), con disminución de las lluvias en invierno, con la temperatura media anual de 19,8°C. Con inviernos blandos y veranos moderadamente calorosos. Por la proximidad con el mar, eso evita días de calor intenso en el verano y de frío intenso en el invierno y torna la ciudad mas húmeda. Es considerada la tercera capital más fría de Brasil.

Según datos del SNIS la generación per cápita de residuos es de 0,98 kg/per cápita/día, y consta con el 100% de cobertura del servicio de colecta en la parte urbana.

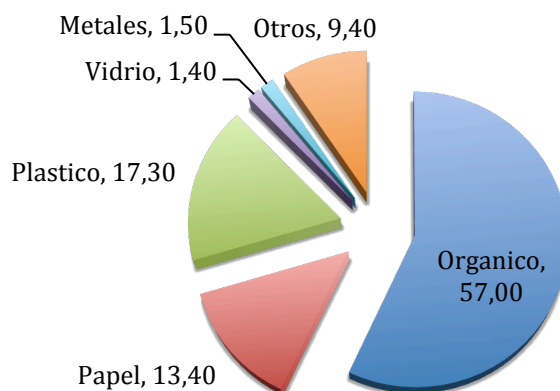


Figura 5. Composición gravimétrica de la ciudad de Sao Paulo. Fuente: Cetesb.

La colecta de residuos en la ciudad se hace por medio de concesión a dos empresas: la LOGA y la ECOURBIS, que hacen la colecta divididas por zonas. Según datos del PGIRS de la ciudad para el servicio de colecta domiciliar, las concesionarias utilizan una flota de 351 camiones compactadores, en la parte de las “favelas” se hace la colecta puerta a puerta, que trabajan para eso los moradores de la propia comunidad y en otra parte la colecta es indirecta, que se hace con la colocación de contenedores en la parte externa de la comunidad.

En 75 de los 96 distritos de la ciudad se hace también la colecta selectiva de residuos secos, con camiones compactadores o camiones operados por las cooperativas. Los residuos son direccionados a las plantas de selección que son operados por 20 cooperativas registradas junto al ayuntamiento.

Los residuos sólidos domiciliarios pueden ser dispuestos de acuerdo con su origen a los siguientes destinos: Vertedero Municipal CTL- Central de Tratamiento de Residuos Leste- inaugurado en el 2010 o al Vertedero Controlado Privado CTR- Centro de Tratamiento de Residuos Caieiras; antes de ser conducidos a los vertederos, los residuos pasan por tres estaciones de transbordo. En los vertederos encerrados de Bandeirantes y São João fueron implantados sistemas de extracción forzada y controlada de gases, que permite generación de energía a los equipamientos allí instalados.

No hay cobranza de tasa específica para los residuos sólidos urbanos domiciliarios desde el 2005, en el año siguiente fue destinado del presupuesto público municipal el 6% para el servicio de limpieza urbana, el gasto per cápita anual es de aproximadamente 51,69 euros. Actualmente solamente hay una tasa específica para la recogida de los residuos sólidos de salud.

3.2.Rio de Janeiro

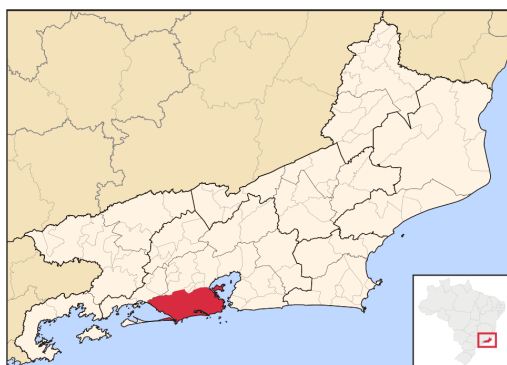


Figura 6. Mapa ciudad de Río de Janeiro.F.:internet. Figura 7. Vertedero Jardim Camacho. Fuente: internet.

La ciudad de Río de Janeiro tiene aproximadamente 6.400 millones de habitantes y tiene un área de 1.200 km². Tiene la renta per cápita de 497,54 euros/mes.

El clima es el tropical atlántico, Aw según modelo de Köppen, sufre el efecto perceptible del mar teniendo amplitudes térmicas relativamente bajas. Con el verano cálido y húmedo y los inviernos más amenos con pocas lluvias.

La ciudad genera aproximadamente 10.000 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, de ese total el 49,42% es decurrente de los residuos domiciliarios. La generación per cápita de residuos es de aproximadamente 1,49 kg/día y son recogidos aproximadamente 3.450.035,20 toneladas/año. La ciudad cuenta con el 100% de cobertura del servicio, y el 29% de cobertura de la colecta selectiva. La colecta selectiva se hace de puerta a puerta y funciona separando los reciclables de los residuos húmedos (seco y húmedo) , básicamente restos de comida. Y los reciclables son recogidos una vez a la semana. En la colecta selectiva participan las cooperativas de catadores, que cuentan con aproximadamente 41 cooperativas y 2549 catadores.

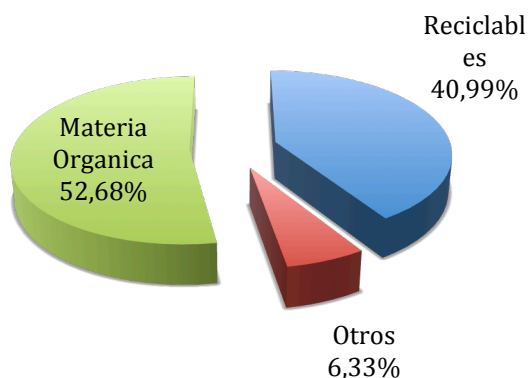


Figura 8. Composición gravimétrica. Fuente: Propia.

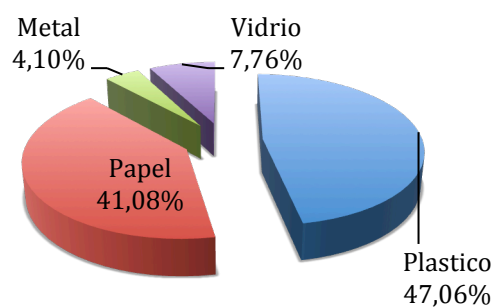


Figura 9. Composición reciclables. Fuente: Propia.

La tasa de servicio es cobrada junto a un impuesto sobre la Propiedad Predial y Territorial Urbana(IPTU). El gasto per cápita anual es de 59,62 euros.

3.3.Salvador



Figura 10. Mapa ciudad de Salvador. Fuente: Internet. Figura 11. RSU en las calles de Salvador.Fuente: internet.

Salvador es la capital del estado de Bahia, con el área de 693,276km² y población de aproximadamente 2.710,255 habitantes. Según la clasificación de Köppen tiene el clima Afw, clima de floresta tropical sin estación seca. Las temperaturas son conservadas todo el año y tienen condiciones cálida y húmedas, con lluvias en verano y precipitaciones en otoño.

En la ciudad de Salvador son recolectados anualmente 889.079,60 toneladas de residuos sólidos. La recolecta en locales de fácil acceso , que se caracterizan por vías anchas, pavimentadas e iluminadas se hace con camiones compactadores de 15, 19 y 20 m³. En el área de acceso restringido,

vías con anchura, pavimentación y iluminación inadecuadas se hace con camiones compactadores de 6m^3 o camión mini basculante de 3m^3 . Y en áreas que el acceso de vehículos es imposible se hace con contenedores en la cercanía del barrio. Hay un total de 1.843 vehículos y equipamientos para la colecta de residuos. La tasa de servicio es cobrada juntamente con el IPTU.

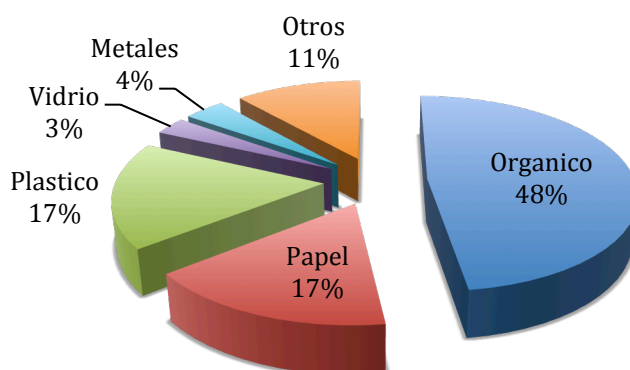


Figura 12. Composición gravimétrica. Fuente: Limpurb.

La colecta selectiva es relativamente nueva, ha iniciado en 2014, y consta con el 2% de la población atendida. El gasto per cápita anual de la gestión es de aproximadamente 36,32 euros.

3.4. Brasilia



Figura 13. Mapa Brasilia. Fuente: internet.



Figura 14. Vertedero Estructural. Fuente: SLU.

Brasilia es la capital de Brasil y también la capital política. Está localizada en la región Centro-Oeste, es una ciudad proyectada, tiene

solamente 55 años. Tiene una área de 6.780.000 km², con la población de 2.648.532 habitantes.

El clima en Brasilia es el tropical con estación seca, tipo Aw según clasificación de Köppen-Geiger. Es una ciudad con el Índice de desarrollo humano alto y si comparada con las otras nueve tiene un renta per cápita relativamente alto, es de 571 euros per cápita, es la tercera ciudad más rica del país. La economía de la ciudad tiene como base la construcción civil y el minorista. La agricultura y la avicultura también asumen un papel importante en la economía local.

Tiene el 98,3% de la ciudad cubierta por servicio de recogida, que tiene frecuencia diaria en el 75% de los domicilio y de 2 a 3 veces a la semana en el 25% restante. En la tasa de impuesto predial se cobra la tasa de servicio, que tiene coste medio por persona de 44,83 euros.

En Brasilia son recogidos 1.377.139,00 toneladas de residuos por año, un promedio de 1,48Kg/per cápita por día.

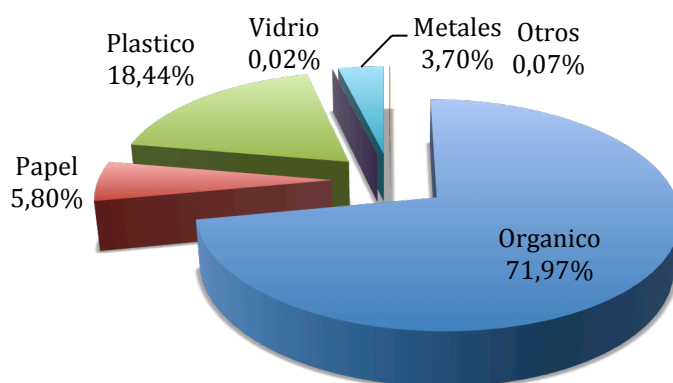


Figura 15. Composición gravimétrica Brasilia. Fuente: Propia.

El coste de la colecta convencional en el 2014 fue de aproximadamente 23 euros por tonelada colectada y transportada. El coste de la colecta selectiva era de aproximadamente 60 euros por tonelada. Alrededor del 6% de los residuos generados en la ciudad son colectados selectivamente.

3.5.Fortaleza



Figura 16. Mapa localización. Fuente: internet. Figura 17. Vertedero de Jangurussu. Fuente: EMLURB.

Fortaleza es la quinta más grande capital de Brasil, y la capital del estado de Ceará. Tiene área de aproximadamente 315 km², con la población de poco más de 2,5 millones de habitantes, y con densidad 7.786,44 habitantes por km². Es una ciudad que relativamente tiene un alto índice de pobreza y extrema pobreza, aproximadamente el 15%.

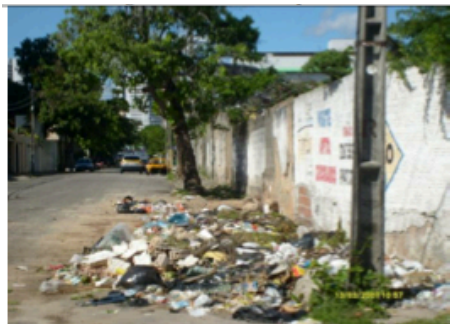
La principal fuente de generación de recetas son la industria, comercio y servicios. Tiene como renta per cápita 282,12 euros y el Índice de Desarrollo Humano esta en 0,754.

Fortaleza tiene clima tropical semi húmedo, según Köppen tipo As, caracterizado como clima tropical con estación seca en el periodo del verano, concentración de lluvias de febrero a mayo.

En la capital son generados aproximadamente 1.900.000,00 toneladas de residuos por año, según datos constan el 100% de la ciudad atendida por la colecta. La producción per cápita de residuos solidos es de 2.03 kg. Actualmente el municipio no tiene ningún tipo de cobro de la tasa de residuos sólidos, quedando todos los cargos por cuenta del Ayuntamiento. La gestión de residuos en Fortaleza esta caracterizado por un modelo de gestión descentralizada, pero integrada pelo agentes públicos y privados.

La colecta se hace en el 98% de los barrios de 2 a 3 veces a la semana y en un 2% diariamente. Gran parte de la recogida se hace de modo convencional, puerta a puerta, con el acondicionamiento de los residuos en bolsas plásticas, con la utilización de vehículos compactadores

convencionales. La recogida por contenedores representa el 1,5% de la colecta total de la ciudad. Otra forma de recogida es la Colecta Especial Urbana (CEU), que son residuos dejados en llamados “puntos de basura”, conforme imágenes 18 y 19.



Figuras 18,19. RSU por las calles de Fortaleza. Fuente: SANETAL.



Figuras 20, 21. Colecta Especial Urbana. Fuente: SANETAL.

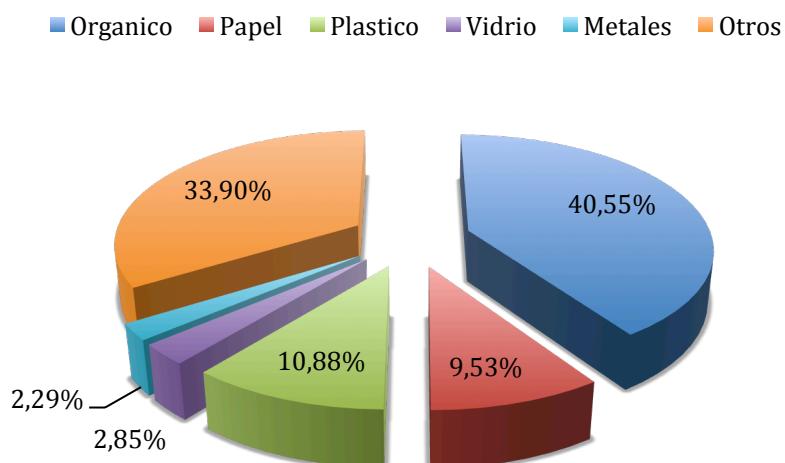


Figura 22. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

La recogida se hace por contrato a empresa privada, que debe coleccionar el 100% de las viviendas en el perímetro urbano, el pago se hace por

tonelada de residuos colectado. El control se hace por un programa de monitoreo y GPS en los camiones, que informan a tiempo real los datos.

Cuando se han recogido los residuos sólidos son direccionados a la Estación de Transbordo do *Jangurussu*, que paso a existir en lugar del vertedero incontrolado (*Lixão*). Cuando desactivado el vertedero incontrolado, los catadores que antes trabajaban en el *lixão* pasaron a trabajar en la Estación de transbordo, hoy son 14 cooperativas con aproximadamente 303 catadores. Y la principal destinación final de los residuos después de la estación de transbordo es para el Vertedero Sanitario Municipal de *Caucaia* donde los residuos son aterradas. En la región existen cuatro otros vertederos sanitarios, pero que reciben una pequeña proporción de los residuos colectados en la ciudad, en general gran parte es proveniente de otras ciudades cercanas.

3.6.Belo Horizonte



Figura 23. Mapa de localización. Fuente: internet.



Figura 24. Vertedero *Morro das Pedras*. Fuente: SLU.

Belo Horizonte es la capital del estado de Minas Gerais, con un área de aproximadamente 330 km², y población aproximadamente 2.400 millones de personas.

El clima en Belo Horizonte es tropical con estación seca, Cwa según clasificación de Köppen, lo cual en el verano se registran más precipitaciones y temperaturas más altas y en el invierno bajas temperaturas y pocas precipitaciones.

La ciudad es un importante centro comercial y bancario, y el principal centro de distribución y procesamiento de una región con importantes actividades de agricultura y minería, así como un importante polo industrial.

Por año en la ciudad son colectados aproximadamente 1.000.000,00 toneladas de residuos sólidos, con un promedio de 1,14 kg per cápita por día. Tiene 95% de la ciudad atendida por la recolecta.

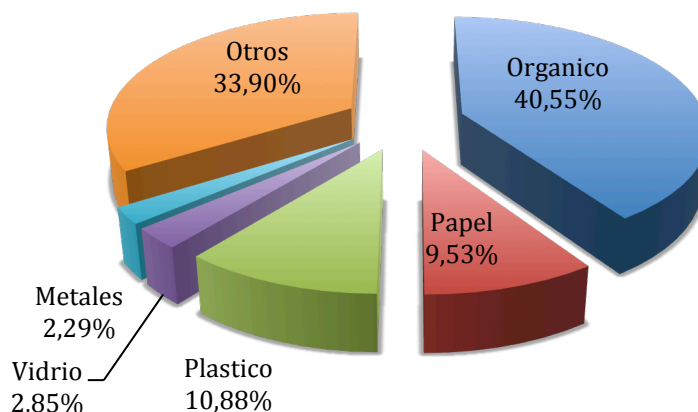


Figura 25. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

La colecta en Belo Horizonte es el llamado en Brasil el servicio de colecta tradicional, puerta a puerta. En su mayoría se hace con camiones equipados con contenedor colector automatizada para la compactación, figura 26. En sitios de difícil acceso, como por ejemplo favelas o calles muy estrechas, son proporcionados contenedores que posteriormente son colectados por la empresa de limpieza urbana (publica o privado), figura 27. En general se hace la colecta de dos a tres veces a la semana.



Figura 26. Vehículos utilizados en la recogida. Fuente: SLU



Figura 27. Contenedores. Fuente: SLU.

El programa de colecta selectiva en la ciudad tuvo inicio en el año de 1993, cuenta con el 16% de la ciudad atendida y recogen en media 1.500 toneladas de reciclables al año.

El servicio cuenta con 4113 trabajadores, tanto del sector publico como también del privado y ocho cooperativas que tienen 333 catadores, que trabajan en el proceso de reciclaje.

Los residuos recogidos en la ciudad de Belo Horizonte son destinados o la estación de separación (figura 28), los reciclables, o a la estación de transbordo (figura 29) de la propia ciudad. Los que son direccionados a la estación de transbordo son transportados al vertedero controlado de *Macaúbas*.



Figura 28. Estación de Transbordo. Fuente: PMGIRS Figura 29. Vertedero de Macaúbas. Fuente: PMGIRS

El sesenta y cinco por ciento del servicio es terciario. El servicio que es de colecta, transporte y disposición final, teniendo en cuenta que el vertedero esta aproximadamente a unos 40 km de distancia de la ciudad, el coste del servicio es muy elevado. El coste medio del servicio es de 30 euros por tonelada. Y el gasto per cápita anual es de aproximadamente 45 euros.

3.7. Manaus

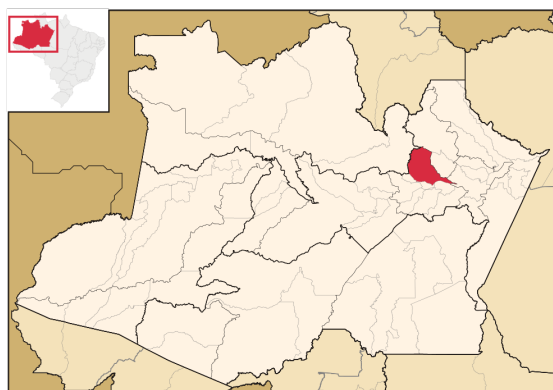


Figura 30. Mapa de localización. Fuente: internet.



Figura 31. RSU en los Igarapés. Fuente: SEMULSP.

La ciudad de Manaus es la capital del estado de Amazonas, en la región norte de Brasil. Es una ciudad portuaria localizada en el centro de la más grande floresta tropical del mundo. Tiene la área de 11.401,09 km², población de aproximadamente 1.900 millones de habitantes y una densidad 158,06 habitantes por km².

El clima en Manaus es el tropical húmedo de monzón, Am, según clasificación de Köppen, que se caracteriza por temperatura, humedad relativa del aire y índice pluviométricos altos.

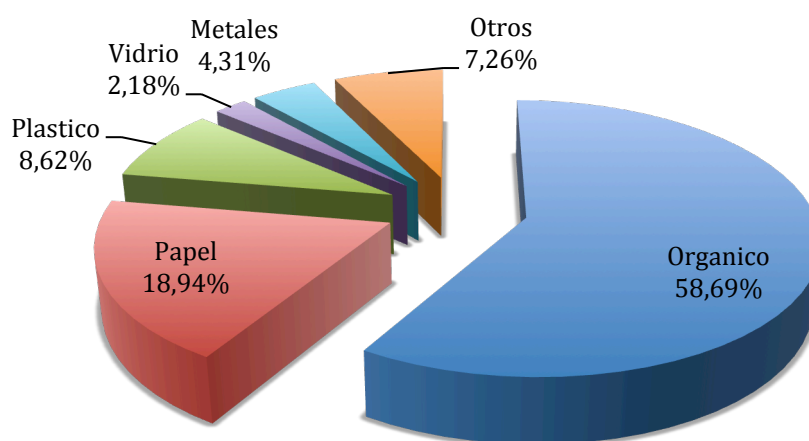


Figura 32. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

Actualmente la prestación de servicios es la principal fuente generadora de ingresos, seguida del sector industrial. El IDH es de 0,737, con renta per cápita de 263,42 euros. La ciudad tiene un alto índice de

pobreza, un 15% de la población si encuentra en situación de pobreza o extrema pobreza.

Son generados diariamente aproximadamente 2.600 toneladas de residuos, con una media de 1,42 kg por día por persona. La cobertura del servicio atinge el 95% de la comunidad. La cobertura de la colecta selectiva es muy baja, solamente el 16%. El servicio ofrecido a la comunidad es mixto, privado y particular, siendo el 75% de servicios terciarios.

3.8. Curitiba



Figura 33. Mapa de localización. Fuente: internet.



Figura 34. Vertedero de Cachimba. Fuente: DLPC

Curitiba es la capital del estado de Paraná, con 317 años y está localizada en la región más industrializada de la América del Sur. Su área es de 432,17 km² y su población, 1.851.215 habitantes (IBGE/2009), con la densidad de 4.283.53 hab/km². Con un Índice de Desarrollo Humano alto y la renta per cápita mensual es de 530€.

Las principales actividades económicas son el comercio y servicios, con una pequeña participación de la industria.

A partir del 1964 empezaron la cobertura de residuos diaria en los vertederos, implantación del drenaje de aguas pluviales, sitios para el tratamiento de los lixiviados, caracterizando como vertederos. En 1989 iniciase el programa de Colecta Selectiva y Valorización de los residuos domésticos, también son implantado vertederos controlados.

En Curitiba se recoge una media de 2.560 toneladas de residuos día, una media de 1.383kg por habitante diariamente. De ese total 1473 toneladas tiene origen de la colecta domiciliar. Y de la colecta selectiva 534 toneladas

diarias, siendo que el 16% de ese total tiene origen de la colecta selectiva informal.

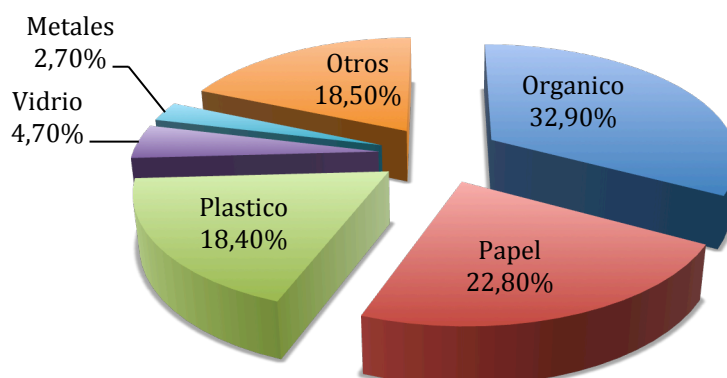


Figura 35. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

El Departamento de Limpieza Pública de Curitiba tiene 120 servidores municipales con actividades gerenciales, administrativas y fiscalización y también cuenta con 2.352 trabajadores de empresas contratadas que ejecutan los servicios de limpieza pública.

La colecta convencional puede ser de dos tipos: la puerta a puerta, que se hace tres veces a la semana y se hacen con camiones compactadores (figura 36) o la indirecta (figura 37), que la hacen con contenedores posicionados en zonas de difícil acceso, que la frecuencia también es de tres veces a la semana.



Figura 36. Colecta puerta a puerta. Fuente: PMGIRS



Figura 37. Remoción de los contenedores. Fuente: PMGIRS

La colecta selectiva se hace de dos formas, la puerta a puerta por el programa *Lixo que não é lixo*, que puede ser 3, 2 o 1 vez a la semana, o por los puntos de cambio por el programa *Cambio Verde*, que se realiza de 15 en

15 días en locales públicos, que a cada 4 kilos que reciclables equivale a 1 kilo de verduras y frutas.

La colecta selectiva en los últimos años ha sufrido una caída de un 48,5%, debida a fuerte actuación de la colecta informal y la ausencia de programas. Otro punto que ha influenciado la disminución de la colecta informal fue la crisis mundial, pues la caída en los precios de los reciclables disminuí la búsqueda por ellos.

La destinación final de los no reciclables son los vertederos, donde son pesados y la empresa contratada es remunerada mensualmente de acuerdo con la cantidad total de los residuos colectados por mes.

3.9. Recife

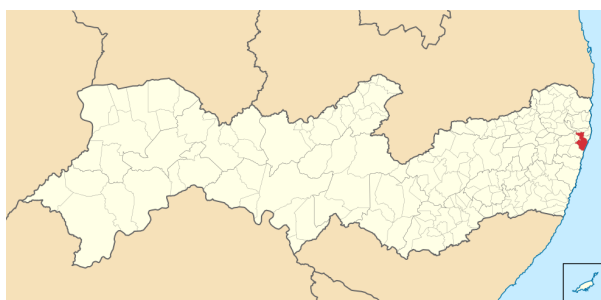


Figura 38. Mapa de localización. Fuente: internet.



Figura 39. Vertedero Gramacho. Fuente: internet.

Recife es la capital del estado de Pernambuco. Con el área territorial de 218 km² y población de poco más de 1.500 millones de habitantes. Recife es la de las ciudades del nordeste brasileño la que tiene el menor índice de pobreza y la renta per cápita mas alta.

Recife tiene el clima tropical húmedo, según la clasificación de Köppen tipo As. Caracterizada por temperaturas medias anuales altas y precipitaciones al longo del año.

Cerca de dos tercios del PIB son provenientes del comercio y servicios. La ciudad es considerada uno de los más importantes polos de tecnología de la información del país. El llamando “Porto Digital” es el parque tecnológico más grande de Brasil y referencia mundial en la producción de *softwares*, alberga más de 200 empresas.

Son recogidos anualmente cerca de 800.000 de toneladas de residuos sólidos, con la generación per cápita de 1,4 kg por persona por día, el 100% de la comunidad esta atendida por el servicio.

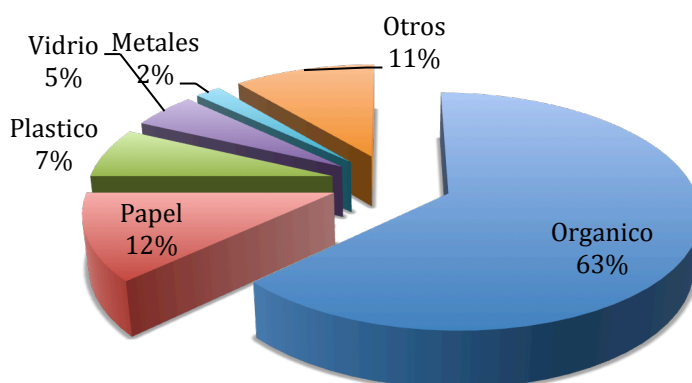


Figura 40. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

La colecta de los residuos actualmente se hace en su gran parte por agentes terciarios, por medio de empresas especializadas. La frecuencia es de tres veces a la semana y en general la destinación es a los vertederos clandestinos o controlados.



Figura 41. Colecta domiciliar. Fuente: internet.



Figura 42. Destinación RSU vertederos. Fuente: internet.

La colecta de los reciclables se hace puerta a puerta, presenta el 55% de la ciudad atendida por la colecta.

Actualmente el 84% de los residuos colectados son destinados a vertederos controlados y lo restante a las estaciones de selección o a vertederos clandestinos.

3.10.Porto Alegre



Figura 43. Mapa de localización. Fuente: internet. Figura 44. Vertedero *Minas do Leão*. Fuente: internet.

La ciudad de Porto Alegre es la capital del estado de *Rio Grande do Sul*, en la región sur de Brasil. Con la área casi igual a 500km², población de 1.416.714 habitantes y densidad demográfica de 2.837,52 hab/km². Fue destacada en años recientes por la ONU como la metrópoli número 1 en Brasil en calidad de vida, tiene uno de los más altos Índices de Desarrollo Humano de las capitales analizadas, es de 0,805, y renta per cápita de aproximadamente 586 euros. Del punto de vista económico Porto Alegre presenta un PIB de aproximadamente 10.800 billones de euros, siendo el per cápita 7.517,84 euros. Del PIB total, más del 85% es proveniente del sector de servicios, el 14,7% de la industria y menos del 0,7% del sector primario.

El clima en Porto Alegre tiene la clasificación como subtropical húmedo, y Cfa según Köppen, teniendo como característica principal la gran variabilidad. Caracterizado como templado y húmedo sin estación seca, con las estaciones lluviosas el junio y septiembre y con menos incidencia abril y mayo.

La gestión de los residuos sólidos ha empezado en el 1990, con un sistema de gestión integrado. Fue un sistema pensado en conjunto con la población, con la idea del cambio de la forma de pensar de la población. El primero vertedero controlado que seguía la normativa internacional fue el Aterro Sanitario de Extrema, que estuvo operando del 1997 al 2002.

La generación de residuos sólidos per cápita es de 1,26 kg por día. Consta con el 100% de cobertura del servicio, con también el 100% de población atendida con la colecta selectiva. Teniendo 10% de la población con recogida diaria y los otros 90% con la frecuencia de 2 a 3 veces a la semana. Como casi toda gran ciudad brasileña existe la ocurrencia de la colecta informal, que es hecha por los *catadores*, consta de 18 cooperativas, totalizando 505 *catadores*. La colecta domiciliar puede ser la convencional o puerta a puerta (figura 45 y 47) o la automatizada (figura 46 y 48), esta con la utilización de contenedores, ocurre principal en la zona central de la ciudad.



Figura 45. Colecta en contenedores, colecta convencional. Fuente: DMLU.



Figura 46. Colecta automatizada, con contenedores. Fuente: DMLU.



Figura 47. Colecta convencional. Fuente: DMLU.



Figura 48. Colecta automatizada. Fuente: DMLU.

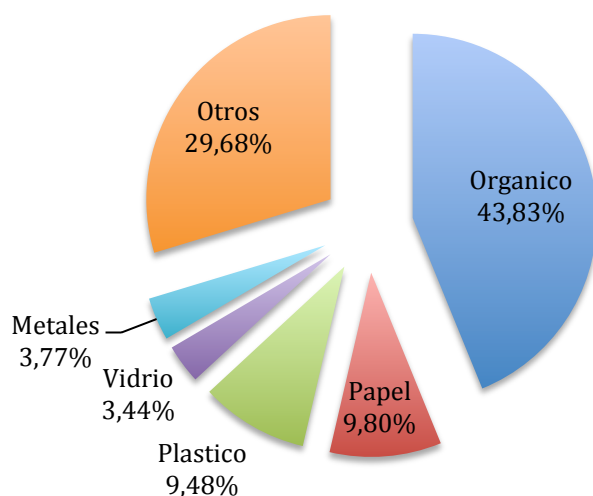


Figura 49. Composición gravimétrica. Fuente: propia.

La destinación final de los residuos desde el 2005 va exclusivamente al *Aterro Sanitario da Central de residuos do Recreio – ASCRR* que es un vertedero controlado que es administrado por la iniciativa privada, pero antes de ir al vertedero, la misma totalidad pasa por la *Estación de Transbordo de Lomba do Pinheiro – ETLP*, la distancia entre ellas es de 113km, totalizando 226km del ciclo.

La colecta selectiva va direccionada a las “Unidades de selección”, la colecta cubre el 100% de la ciudad y se hace una vez a la semana. Las “Unidades de selección” totalizan 18 unidades, dispersas por la ciudad, cada una es de responsabilidad de una cooperativa de *catadores*. Los residuos son separados por tipología, después prensados y pesados para futura venta. Una parte de los residuos domiciliarios llamados húmedos son destinados a la Unidad de selección y compostaje.

Es importante citar el programa de puericultura de la ciudad, funciona con a colecta de 10 toneladas por día de restos de comida, proveniente de setenta y tres establecimientos y son destinados a once creadores. En contrapartida los creadores fornecen a escuelas municipales y a 2 guarderías alimentos no perecibles.

En números un 96% de los residuos es destinada al vertedero, 2,8% para reciclaje y 1,2% para el reciclaje orgánico (compostaje y puericultura).

La tasa de colecta de residuos es cobrada juntamente con el IPTU, que es establecido de acuerdo con el inmueble, localización uso y dimensión. Los valores arrecadados son inferiores a los gastos totales anuales, siendo que lo que falta es costado por la administración del municipio.

4. RESULTADOS

En el presente trabajo se hace uso del análisis clúster con fines exploratorios o confirmatorios. Para ello fueron verificados al inicio diversos métodos de clusterización.

Conforme lo comentado anteriormente para el análisis clúster, se debe seguir algunas etapas como la selección de la muestra de datos que aquí se empezó con 38 variables, siguiendo con la selección y la transformación de las variables técnicas identificados por medio de consulta bibliográfica (Polaz y Teixeira, 2009; Sharholy et al., 2008) que fueron utilizadas y reducidas a 22 variables de acuerdo con criterios técnicos que se puede verificar en las tabla 3.

La selección y aplicación del criterio de agrupación, que se empezó con las 22 variables, haciendo simulaciones con el Hclust, el K media y el PAM, que posteriormente se realizó simulaciones con 16 y 13 variables a fin de verificar posibles diferencias y similitudes en los resultados con los diferentes métodos, para determinar la estructura correcta. La reducción de la cantidad de variables fue de acuerdo con los resultados obtenidos. En las simulaciones graficas con PAM y K media, los índices que presentaban resultados abajo de la media fueron eliminados por tal de mejorar la calidad de la estructura.

4.1. Los datos transformados

La selección de las variables puede ser definido de acuerdo con dos criterios: experto y estadístico. El criterio estadístico transforma las medidas de forma que se comporten de forma más normal, o mejor, se si imagina un gráfico, que ele se comporte de forma más suave, sin la verificación de test de hipótesis, solo gráficamente, pudiendo verificarse en la figura 2. Trata magnitudes de forma selectiva, como por ejemplo la variable de número total de de trabajadores que inicialmente se tenía. El número fue transformada en la relación de la cantidad de trabajadores por 1000 habitantes. La ciudad de São Paulo tiene 1,5 trabajador para cada 1000 habitantes (índice TRApPOB), lo que anteriormente la variable demostraba que habían 17.063 trabajadores

en el sector. Por el mismo criterio, la ciudad de Rio de Janeiro tiene 3,65 trabajadores para cada 1000 habitantes, lo que anteriormente la variable era de 23.303 trabajadores en el sector. El criterio adoptado viene en correspondencia a lo que puede ser verificada en bibliografía consultada es que las variables casi siempre son presentadas en proporciones, en general por 1000 habitantes (Polaz y Teixeira, 2009; Chavéz, Vega, Barca, Aguilera y Benítez, 2011).

Las 22 variables mantenidas fueron agrupadas en un primero momento de acuerdo con sus características en 7 grupos, conforme puede ser verificada en la tabla 3.

Cabe asignar que de las características climatológicas, se han mantenido las variables: la temperatura media anual, las precipitaciones medias anuales y la humedad relativa media anual.

De las características geográficas y demográficas, la variable que se refería a la distancia del litoral fue transformada al logaritmo de la distancia en relación al litoral, la población total al logaritmo de la población y la área de las ciudades al logaritmo del área, descartada la variable de densidad.

Las variables relacionadas a las características de equidad, fueron mantenidos el IDH, índice de desarrollo humano, el Coeficiente de Gini, que es utilizado para medir la desigualdad en los ingresos de un país. Fue mantenida la variable referente al porcentual de población pobre y la variable que indicaba el porcentual de la población extremadamente pobre, que fue transformada en la proporción de la población extremadamente pobre en relación a la parcela de la población pobre, descartada el índice de la renta per cápita.

De las características relacionadas a la generación de los residuos sólidos urbanos se mantiene las variables relacionadas a la cantidad de residuos generados anualmente, transformados al logaritmo de la generación anual de residuos y la cantidad de generación per cápita anual de residuos. Descartadas las características gravimétricas de los residuos y también destinación final.

Las variables relacionadas a la cobertura del servicio de residuos sólidos urbanos fueron mantenidos el porcentual de la cobertura del servicio,

el porcentual de la colecta selectiva en relación a la normal, el porcentual de la colecta selectiva anual y el porcentual de la colecta selectiva diaria.

Las variables relacionadas a la parte financiera de la gestión de los residuos, comprenden si hay o no el cobro del servicio y los gastos por año y per cápita del mismo.

Y el ultimo agrupamiento son las variables relacionadas al personal, siendo el porcentual de trabajadores en relación al numero de habitantes; el porcentual de trabajadores públicos en relación al total de trabajadores; el numero de cooperativas y la media de numero de trabajadores por cooperativa.

CIUDAD	TMEDANU	PPMMANU	PHUMREL	log10DLIT	log10POB	log10AREA	IDH	IGINI	PPOB	PENTPOBREL	log10RSANU
1.Sao Paulo	19,20	1441,00	78,40	1,85	7,06	3,18	0,81	0,62	4,27	0,22	6,61
2.Rio de Janeiro	23,80	1069,40	79,10	0,00	6,81	3,08	0,80	0,62	5,01	0,25	6,54
3.Salvador	26,00	2144,00	80,90	0,00	6,43	2,84	0,76	0,63	11,35	0,35	5,95
4.Brasilia	21,40	1540,00	67,60	3,06	6,42	3,83	0,82	0,63	4,93	0,24	6,14
5.Fortaleza	26,60	1608,40	78,80	0,00	6,40	2,50	0,75	0,61	12,14	0,28	6,27
6.Belo Horizonte	21,10	1463,70	72,20	2,59	6,38	2,52	0,81	0,60	3,80	0,21	6,00
7.Manaus	26,50	2307,40	83,10	0,00	6,27	4,06	0,74	0,61	12,90	0,29	5,98
8.Curitiba	16,80	1483,40	80,70	2,00	6,25	2,64	0,82	0,55	1,73	0,28	5,83
9.Recife	25,20	2417,60	79,80	0,00	6,19	2,34	0,77	0,68	13,20	0,36	5,90
10.Porto Alegre	19,50	1320,50	76,00	1,98	6,15	2,70	0,81	0,63	3,82	0,24	5,81
DESV	3,31	426,89	4,38	1,19	0,27	0,55	0,03	0,03	4,26	0,05	0,27
MEDIA	22,61	1679,54	77,66	1,15	6,44	2,97	0,79	0,62	7,32	0,27	6,10

Tabla 3. Datos transformados (continua). Fuente: propia.

CIUDAD	RSUPCANUc	PCOB	TRAPPOB	PTRAPUBTOT	COBROSER	GASTOPC	CRSUNUM	PERpCOP	PRSUSELTOT	PCRSUSEL	PSERDIA
1.Sao Paulo	0,97	100,00	1,50		1,07	0,00	20,00	44,95	2,29	70,40	10,00
2.Rio de Janeiro	1,48	100,00	3,65		89,40	1,00	41,00	62,17	0,29	29,70	6,00
3.Salvador	0,90	92,00	1,56		14,24	1,00	16,00	15,13	0,29	2,20	72,00
4.Brasilia	1,42	98,30	2,17		35,11	1,00	30,00	60,47	0,95	5,90	75,00
5.Fortaleza	2,03	100,00	1,46		22,58	0,00	14,00	21,64	0,09	0,30	2,00
6.Belo Horizonte	1,14	95,00	1,72		36,79	1,00	8,00	41,63	0,99	14,80	14,00
7.Manaus	1,39	95,20	1,86		25,55	0,00	2,00	49,00	0,15	16,00	100,00
8.Curitiba	1,04	100,00	1,66		3,20	1,00	14,00	22,50	5,46	100,00	25,00
9.Recife	1,40	100,00	1,92		16,28	1,00	5,00	18,40	0,34	55,90	44,00
10.Porto Alegre	1,26	100,00	1,89		42,15	1,00	17,00	29,71	5,76	100,00	10,00
DESV	0,31	2,77	0,61	24,08	0,46	13,16	11,05	16,54	2,07	37,23	33,15
MEDIA	1,30	98,05	1,94	28,64	0,70	39,59	16,70	36,56	1,66	39,52	35,80

Tabla 3. Datos transformados (conclusión) . Fuente: propia.

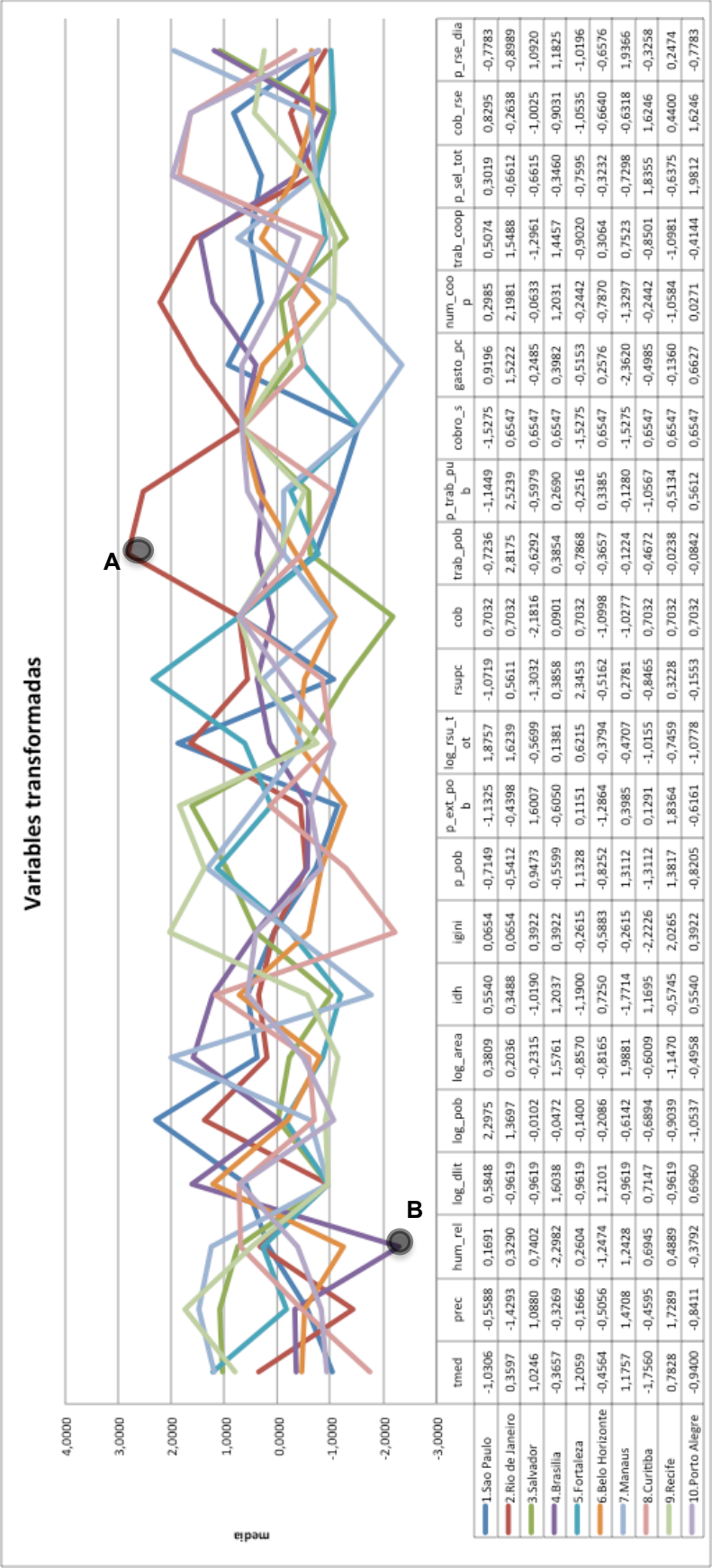


Figura 50. Datos transformados en índices de los valores de las variables. Fuente: propia.

Conforme datos presentados en la figura 50, los valores presentados fueron encontrados conforme formula:

$$\frac{+ (\text{valor de la ciudad para dado indice} - \text{media de dado indice})}{\text{desviación estandar}}$$

, encontrando así valores sin unidad de medida, que varían entre el -3 y +3, siendo el cero la media, conforme grafico figura 50. En ese grafico se puede verificar los valores mas altos y mas bajos para las diez ciudades.

Como ilustración del significado de los datos de la figura 50, en el punto A, la línea roja se refiere a la ciudad de Rio de Janeiro y a la variable referente a la cantidad de trabajadores a cada 1000 habitantes, que tiene como índice el valor de 2,81. Este índice quiere decir que Rio de Janeiro está arriba de la media de las ciudades en la variable de la relación de trabajadores por 1000 habitantes, que en esa ciudad es de 3,65 trabajadores por 1000 habitantes. Otro ejemplo que se puede coger es el punto B, de la figura 50, que está en la línea lila que se refiere a la ciudad de Brasilia, en la variable humedad relativa. Brasilia tiene un índice de 2,29, que esta abajo de la media de las ciudades analizadas, cuya la media nacional es de 77,66%, y en Brasilia se tiene un 67,60% de media anual de humedad relativa.

4.2. Análisis cluster de las variables

Se hace seguimiento de 3 métodos (Ward, K media y PAM) para analizar el componente general de las variables. Y se ha utilizado con los métodos 4 agrupamientos de variables.

4.2.1. Resultados con las 22 variables

4.2.1.1. Resultados Cluster Jerárquico

El clúster jerárquico con distancia Ward enseña los cuatro agrupamientos que son delimitados en rojo en el dendrograma, que se puede ver en la figura 51.

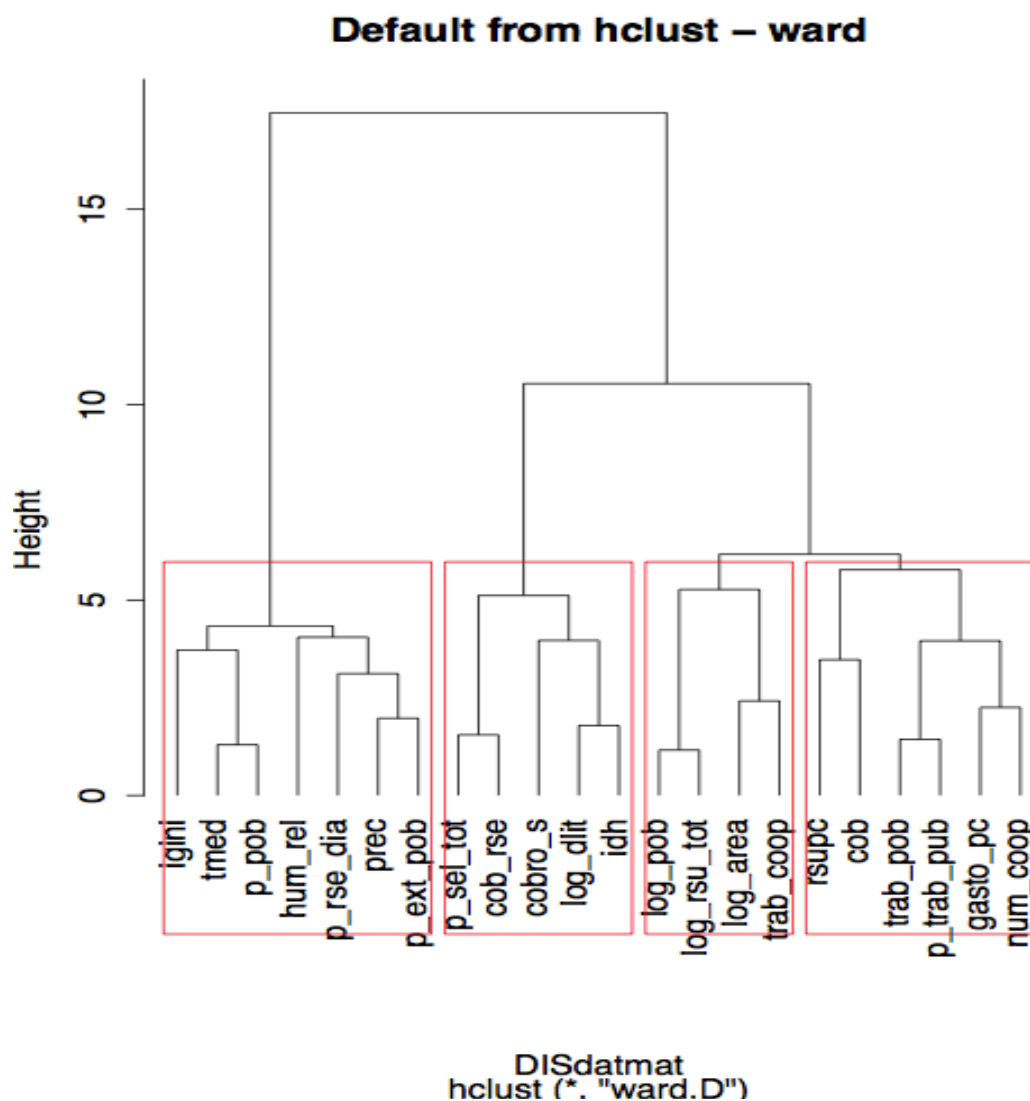


Figura 51. Dendrograma con 22 variables. Fuente: propia.

El segundo grupo relaciona las variables de la distancia al litoral, el índice de desarrollo humano, si hay o no el cobro del servicio, el porcentual de la colecta selectiva a respecto de la total y la cobertura de la colecta selectiva. A inspección de los datos pesquisados muestran que las ciudades que están más cercanas al litoral son en general más pobres, con el índice de desarrollo humano más bajo, ya las ciudades más lejanas del litoral presentan mayor cobertura del servicio de colecta selectiva.

El tercer grupo relaciona la población, el área, la cantidad de residuos totales generados y el numero de *catadores* en las cooperativas. En Brasil en las ciudades más grandes, hay un movimiento cooperativo que viene creciendo en los últimos años para la colecta de residuos, en especial los

reciclables. Obviamente que cuanto más grande la población, mayor será la generación de residuos y mas significativa la acción de los *catadores* en el proceso de colecta de reciclables

El ultimo agrupamiento reúne la cantidad de residuos per cápita, la cobertura del servicio, los gastos con el servicio, la cantidad de trabajadores y el número de cooperativas. Ese agrupamiento puede ser visto como la demanda de servicios para la colecta de residuos y la organización institucional de la oferta de los servicios de colecta. Tal agrupamiento puede señalar para avances en a legislación brasileña para la gestión de residuos.

4.2.1.2. Resultados con Cluster K media y PAM

En las simulaciones hechas, el resultado encontrado con las 22 variables tanto utilizando el sistema K-media como también el PAM la media queda entre el 0.21-0.23, que de acuerdo con criterio técnico para evaluar la estructura encontrada el valor de referencia para ser considerada una estructura debe ser mayor que 0.25. Por lo tanto la utilización de 22 variables no se muestra adecuado con esos procedimientos. Los detalles de las informaciones para el cluster Kmedia y PAM están indicados en las figuras 52 y 53 respectivamente.

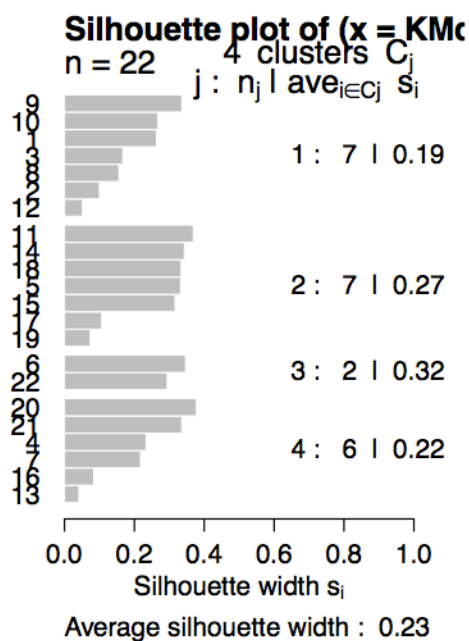
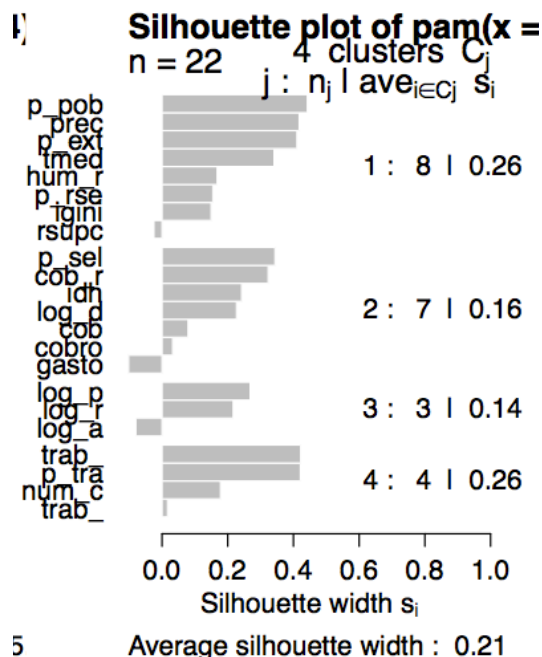


Figura 52. Silhouette Kmedia 22 variables.Fuente: propia



5

Figura 53. Silhouette PAM 22 variables. Fuente: propia.

Hay que considerar entretanto que, comparandose Hclust con Kmedia y PAM hay un conjunto de variables de los cuatro agrupamientos que son comunes en los mismos. Estas informaciones pueden ser verificadas en la tabla 4, donde se constatar que hay una gran concordancias entre los grupos de los tres tipos de agrupamientos. El llamado grupo 1, engloba comúnmente aspectos relacionados al clima y al nivel de riqueza, que difiere ligeramente es la presencia de índice de la generación de residuos sólidos per cápita o de reciclables. Puede se notar que en ese primero grupo el método PAM, es la unión del hclust y del k media. En el segundo grupo puede se comparar hclust y PAM con el cuarto grupo del kmedia, que son las características relacionadas al índice de desarrollo humano, con la cobertura de la colecta selectiva, si hay o no el cobro del servicio y la distancia de la costa. El tercero grupo común entre el hclust y el PAM, une la área, la población y la generación del los residuos total por año. El cuarto grupo comúnmente trata del la cantidad de trabajadores en proporción a la población, el porcentual de trabajadores públicos en relación al total y el numero de cooperativas. Partiendo de una visión macro de los tres métodos, los resultados son bastante similares, con un porcentual muy bajo de discordancia.

	Hclust	K media	PAM
Grupo 1	igini	igini	igini
	tmed	tmed	tmed
	p_pob	p_pob	p_pob
	p_ext_pob	p_ext_pob	p_ext_pob
	hum_rel	hum_rel	hum_rel
	prec	prec	prec
Grupo 2	p_rse_dia	rsupc	p_rse_dia
			rsupc
	p_sel_tot	p_sel_tot	p_sel_tot
	cob_rse	trap_pob	cob_rse
	cobro_s	num_coop	cobro_s
	log_dlit	p_trab_pub	log_dlit
Grupo 3	idh	log_pob	idh
		gasto_pc	cob
		trab_coop	gasto_pc
	log_area	log_area	log_area
	log_rsu_tot	p_rse_dia	log_rsu_tot
	log_pob		log_pob
Grupo 4	trab_coop		
	trab_pob	log_rsu_tot	trab_pob
	p_trab_pub	cob_rse	p_trab_pub
	num_coop	log_dlit	num_coop
	gasto_pc	idh	trab_coop
	cob	cobro_s	
	rsupc	cob	

Tabla 4. Comparativa de los resultados 22 variables. Fuente: propia.

4.2.2. Simulaciones Kmedia y PAM: 16 variables y 13 variables

A partir de los resultados verificados en la tabla 4, se propone hacer nuevas simulaciones utilizando apenas dos métodos, el K media y el PAM, a fin de encontrar una estructura adecuada para el conjunto de variables utilizadas.

La idea inicial fue sacar las variables que fueron negativas o muy bajas, intentando con eso que los resultados obtenidos sean de calidad. Los resultados obtenidos están indicados en la figura 54 donde se identifica un valor para kmedia igual a 0.4. Y eso significa una mejora en la estructura encontrada. La misma contatación ocurrió con el método PAM indicado en la figura 55 donde la media de la estructura también fue 0.4.

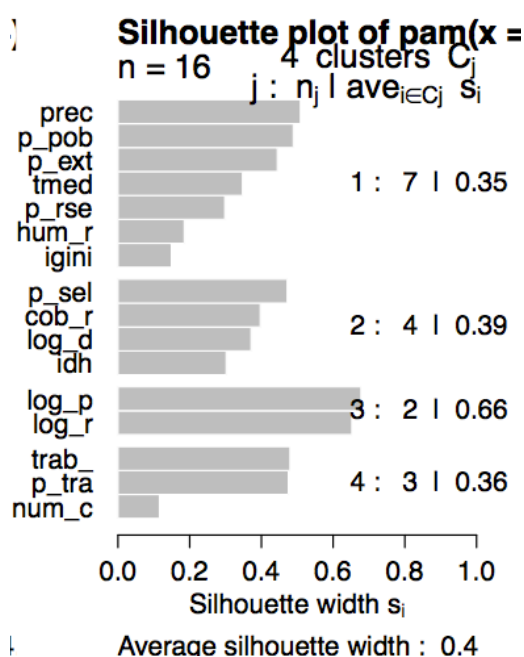
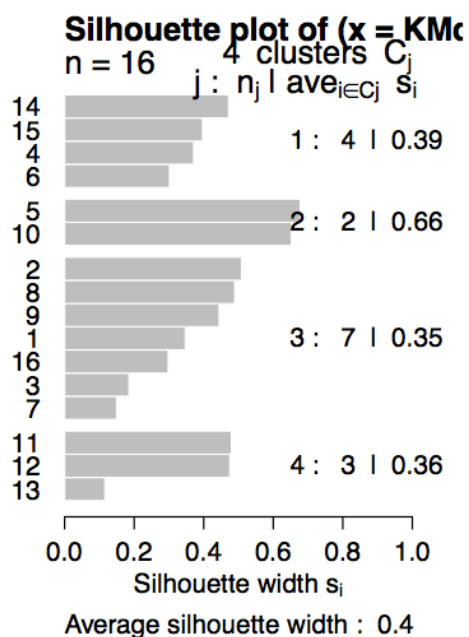


Figura 54. Silhouette Kmedia 16 variables. Fuente: propia Figura 55. Silhouette PAM 16 variables. Fuente: propia.

Utilizándose lo mismo criterio para el conjunto de 22 variables, en la tabla 5 se obtienen los resultados con las 16 variables, donde la comparación del método K media y PAM seleccionaron los mismos agrupamientos de variables.

	K media	PAM
Grupo 1	p_sel_tot cob_rse log_dlit idh	prec p_pob p_ext_pob tmed p_rse_dia hum_rel igini
Grupo 2	log_pob log_rsu_tot	p_sel_tot cob_rse log_dlit idh
Grupo 3	prec p_pob p_ext_pob tmed p_rse_dia hum_rel igini	log_pob log_rsu_tot
Grupo 4	trab_pop p_trab_pub num_coop	trab_pob p_trab_pub num_coop

Tabla 5. Comparativa método k media y PAM, con 16 variables. Fuente: propia.

Objetivando un resultado de mejor calidad, nuevamente se ha excluido variables que presentaban menores valores conforme presentado en las figuras 54 y 55, a saber: índice de Gini, la humedad relativa y número de cooperativas. Los nuevos resultados están indicados conforme figuras 56 para el Kmedia y figura 57 para el PAM.

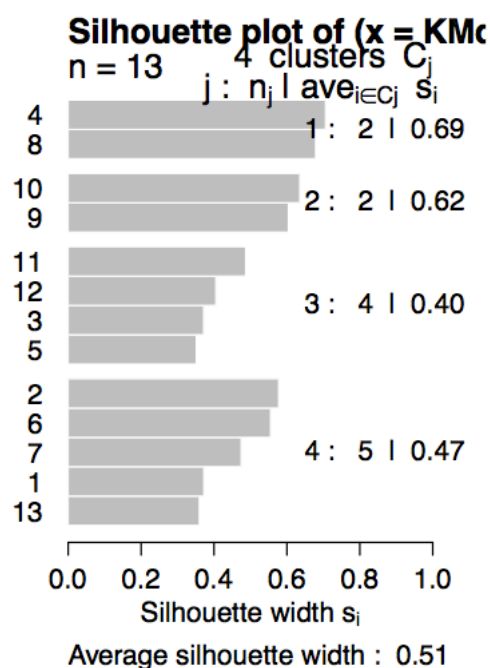


Figura 56. Silhouette Kmedia 13 variables. Fuente: propia

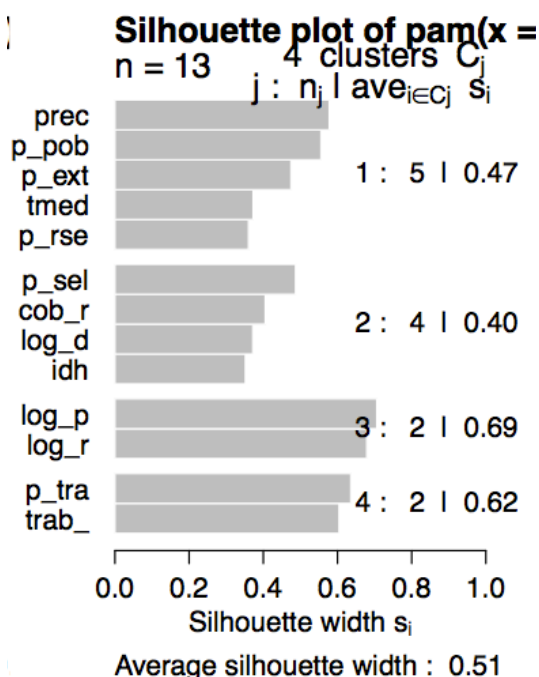


Figura 57. Silhouette PAM 13 variables. Fuente: propia.

Los resultados encontrados con el k media y el PAM son idénticos. Conforme estructura encontrada con las 13 variables, tenemos el primero grupo que relaciona población con la cantidad de residuos totales generados por año, que esta directamente relacionado, cuanto más población, más residuos se genera.

El según agrupamiento reúne la cantidad total de trabajadores y la proporción de trabajadores públicos en relación a los privados. Hay que destacar, que en las ciudades analizadas la gran parte de los trabajadores son del sector privado, con excepción de la ciudad de Rio de Janeiro.

El tercer agrupamiento engloba las características relacionadas al clima, como las precipitaciones y temperatura media, características económicas como porcentual de la pobres y entre los pobre los que son extremadamente pobre y el porcentual de colecta selectiva diaria.

El último agrupamiento reúne características como el porcentual de la colecta de los residuos reciclables en relación al total, se si cobra o no el servicio, el índice de desarrollo humano y la distancia del litoral.

	K media	PAM
Grupo 1	log_pob log_rsu_tot	prec p_pob p_ext_pob tmed p_rse_dia
Grupo 2	trab_pob p_trab_pub	p_sel_tot cob_rse log_dlit idh
Grupo 3	p_sel_tot cob_rse log_dlit idh	log_pob log_rsu_tot
Grupo 4	prec p_pob p_ext_pob tmed p_rse_dia	p_trab_pub trab_pob

Tabla 6. Comparación métodos k media y PAM, con 13 variables. Fuente: propia.

4.3. Índices

Con vistas para poder obtener índices generales para la clasificación de las ciudades y comparando cada uno de los grupos de variables (16 y 13 variables), en la tabla 7, se ha reunido las 16 variables que se mostraron más relevantes en el presente estudio. En la tabla 7, los grupos 1 y 3 forman el índice 1 y los grupos 2 y 4 forman el índice 2. De cara a la simplificación de la comparación entre las ciudades, y dados los significados de cada uno de los grupos, se propone la unión de dos grupos para generar un índice, resultando por lo tanto 2 índices generales para la clasificación de las ciudades.

Grupo 1	prec p_pob p_ext_pob tmed p_rse_dia hum_rel igini	Índice 1
Grupo 3	log_pob log_rsu_tot	
Grupo 2	p_sel_tot cob_rse log_dlit idh	Índice 2
Grupo 4	trab_pob p_trab_pub num_coop	

Tabla 7. Nuevos índices. Fuente: propia.

Para la construcción del índice en el presente trabajo se considerará:

- la selección de los componentes, los resultados del análisis clúster de variables.
- la selección de pesos, que en ese caso será uniforme (mismos pesos en todas las variables).

De acuerdo con la siguiente formula:

$$G_i = \frac{1}{\text{numero de variables grupo } i} \left(\sum_{i=1,2,3,4 \dots} \text{variables grupo } i \right)$$

$$I_1 = \frac{1}{2} (G_1 + G_3)$$

$$I_2 = \frac{1}{2} (G_2 + G_4)$$

En este trabajo se seguirá el método general, de forma simplificada.

a- se realizan nuevas agrupaciones con los indicadores involucrados mediante los análisis clúster antes indicados.

b- los indicadores de cada índice se agrupan de forma compensatoria en los subíndices e índice general. (Compensatoria, mediante medias aritméticas: dos valores compensatorios, como por ejemplo: $\frac{1+0}{2} = 0,5$; $\frac{0,5+0,5}{2} = 0,5$).

En relación a los pesos, existen diversas opciones, siendo una primera aproximación el uso de pesos uniformes, mismo peso para todos. Con la idea de simplificar la caracterización de los índices, se propone hacer 2 índices generales, que es la unión de 4 grupos que se obtuvieron en el clúster PAM con 16 variables.

Se considera que el índice 1, está relacionado a la demanda, eso quiere decir a la generación de los residuos y el índice 2 a la oferta, oferta de servicios ofrecidos a la población. Al observar la tabla 10, los valores cercanos al cero significan que la ciudad está en la media, en relación a las ciudades analizadas. En la tabla 10 el índice 1 las ciudades de São Paulo y de Porto Alegre, presentan una el resultado positivo y la otra el resultado negativo, muy cerca al 1 y -1 respectivamente, analizando los dos casos, notase que en São Paulo hay mayor demanda, pues la población de ahí es casi el doble en relación a la segunda ciudad más grande de Brasil, Rio de Janeiro. Ya la ciudad de Porto Alegre hay poca demanda, es una ciudad con poca densidad, relación de la población por la área. Analizando las mismas ciudades pero en relación al índice 2, observase que São Paulo está justo a la media de las ciudades analizadas, en el requisito oferta, y Porto Alegre 0,68 arriba de la media, eso porque es una ciudad donde hay relativamente un buen nivel de vida, hay un 100% de cobertura de la colecta selectiva, hay más oferta de servicios, o por ser una ciudad más pequeña la oferta cubre mejor la demanda.

Con los datos de la tabla 8, representados gráficamente en la figura 58, puede observarse que algunas ciudades tienen el comportamiento muy similar, como por ejemplo Brasilia, Curitiba y Porto Alegre, todas presentan el índice 2 positivo y el índice 1 negativo, con pequeñas variaciones en la proporción. En las 3 ciudades hay un alto índice de desarrollo humano,

relativamente poca pobreza y buena cobertura de la colecta selectiva. Al comparar las dos ciudades más grandes, São Paulo y Rio de Janeiro, observamos que poseen los dos índices positivos, a Rio eso se debe por la cantidad de trabajadores en relación a la población que es muy alta, casi 4 trabajadores para cada 1000 habitantes, ya São Paulo esta justo a la media de las ciudades analizadas, ambos relacionadas al índice 2. Cuando se analiza el índice 1 de las mismas ciudades notase que son positivos, son las dos ciudades mas grandes de Brasil, las dos ciudades más pobladas del país.

Ciudades	Índice 1	Índice 2
1.Sao Paulo	0,76	0,02
2.Rio de Janeiro	0,57	1,06
3.Salvador	0,34	-0,66
4.Brasilia	-0,15	0,50
5.Fortaleza	0,21	-0,70
6.Belo Horizonte	-0,53	-0,02
7.Manaus	0,21	-0,77
8.Curitiba	-0,79	0,37
9.Recife	0,19	-0,47
10.Porto Alegre	-0,81	0,68
	Demanda	Oferta

Tabla 8. Índices por demanda y oferta. Fuente: propia.

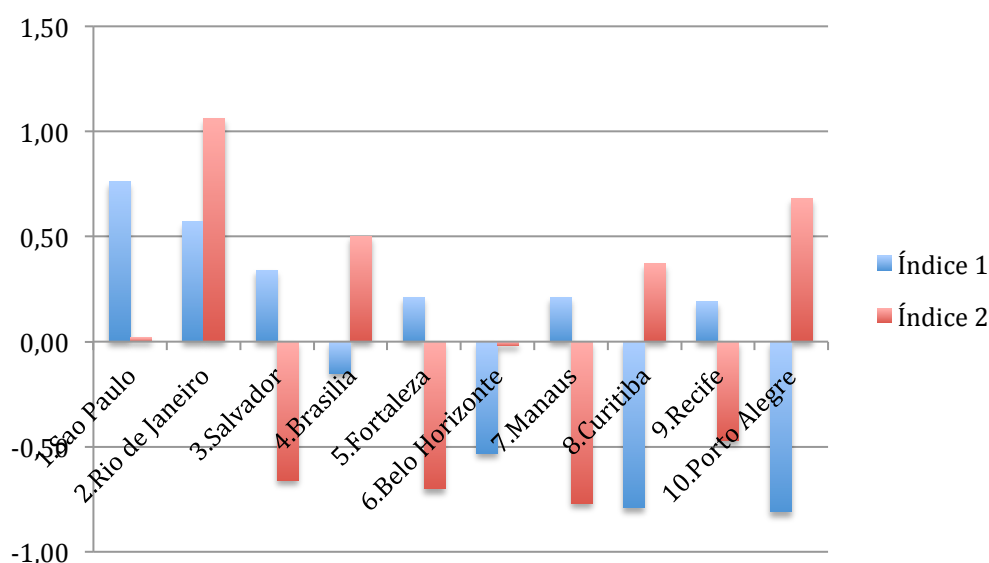


Figura 58. Gráfico de los índices tabla 8. Fuente: Propia.

En la figura 59 y 60 se puede ver los cuatro grupos generados de acuerdo con el análisis clúster, que son:

- Ig1: características climatológicas, porcentual de pobreza y porcentual de generación de reciclables.
- Ig2: características como el IDH, distancia del litoral y datos relacionado a la colecta selectiva.
- Ig3: características como la población y la cantidad de residuos sólidos generados por año.
- Ig4: características relacionadas a los operarios, como número de cooperativas, la cantidad de trabajadores en relación a la población y a cantidad de trabajadores públicos en relación al total.

Si analizamos las ciudades que tienen comportamiento similares a los relacionados con los agrupamientos presentados en la figura 60, podemos comparar Recife, Manaus y Salvador; Belo Horizonte y Curitiba.

Comparando Recife, Manaus y Salvador, son ciudades localizadas en la región norte y nordeste de Brasil, tienen las características climatológicas y económicas muy similares. Región caracterizada por tener el índice de desarrollo humano bajo en relación a las demás regiones de Brasil analizadas. Mirando a la tabla 10, observamos que las 3 ciudades analizadas los índices relativos a la demanda positivos y los índices relacionados a la oferta negativos, eso quiere decir que tienen alta demanda comparadas a la media de las ciudades brasileñas analizadas y poca oferta de servicios ofrecidos.

Haciendo una comparativa entre Curitiba y Belo Horizonte, son ciudades localizadas en la región sur y sudeste respectivamente, regiones que son relativamente bien desarrolladas a nivel económico, de acuerdo con la figura 60, notase que Curitiba es más desarrollada que Belo Horizonte. Y en temas relacionados a la cantidad de residuos generados y cantidad de trabajadores relacionados a la gestión de residuos sólidos, Curitiba tiene los índices más altos que Belo Horizonte, mismo siendo una ciudad más pequeña.

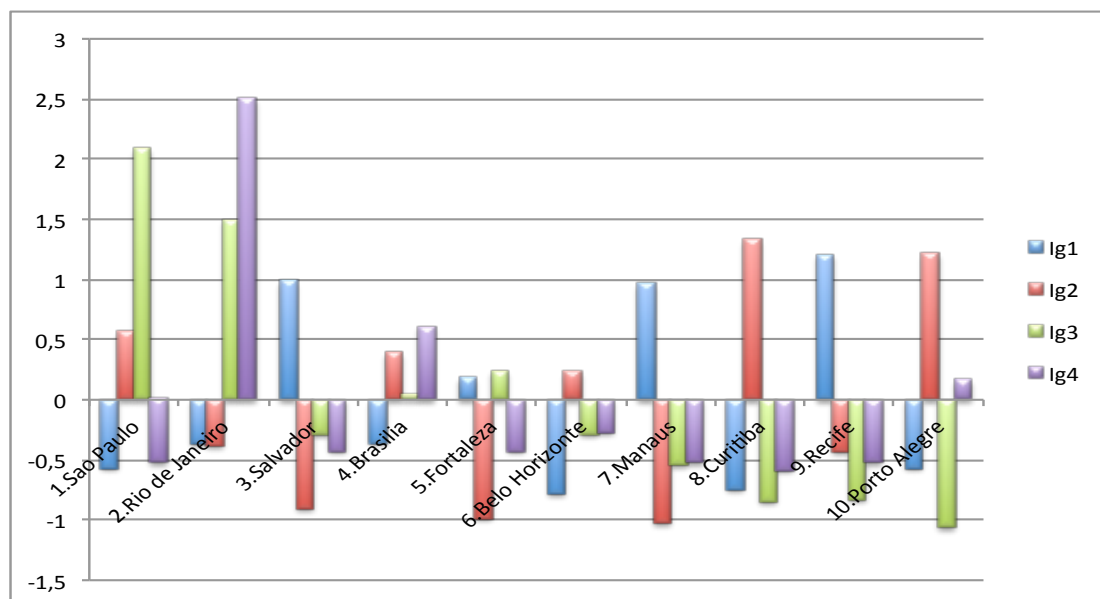


Figura 59. Grafico con los 4 clusteres. Fuente: propia.

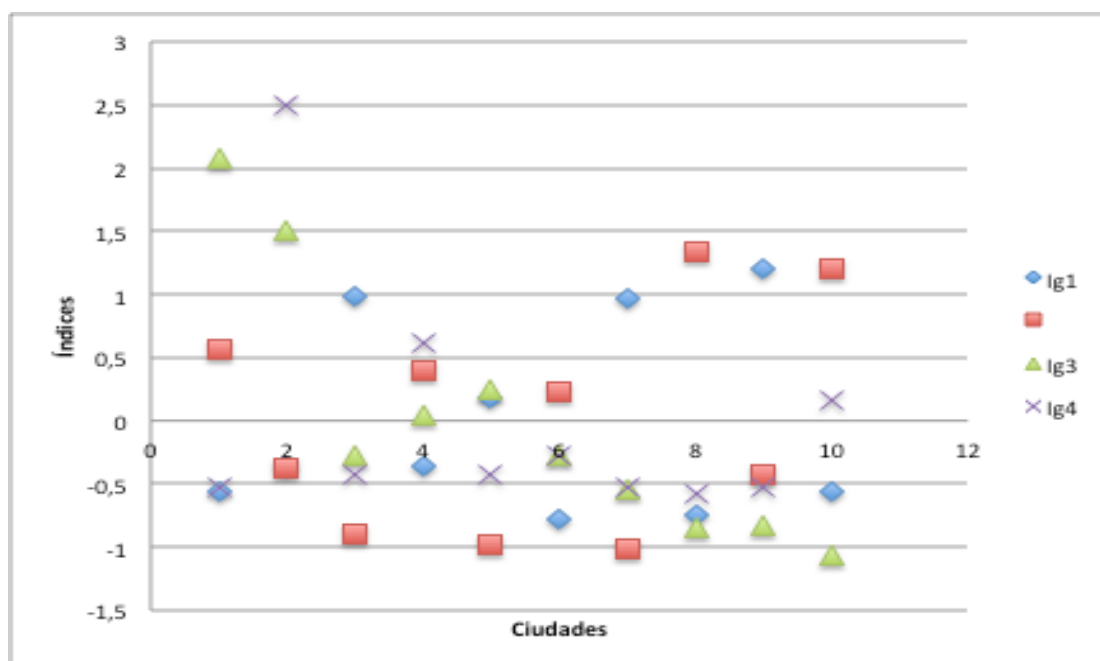


Figura 60. Grafico con los 4 clusteres. Fuente: propia.

5. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la gestión de los residuos sólidos en Brasil. Para ese propósito se hizo una muestra con las 10 ciudades más grandes de Brasil, que comprenden el 20% del total de la población brasileña. Utilizando se los procedimientos analíticos de clúster se buscó seleccionar las variables más significativas que componen la estructura del tratamiento de residuos sólidos en Brasil. Fue constatado que de un conjunto inicial de 22 variables, 13 mostraron una estructura más adecuada. Alternativamente se testó un conjunto de 16 variables que también se mostraron significativas, que son: precipitaciones; temperatura media; humedad relativa; población; porcentual de población pobre; porcentual de población extremadamente pobre en relación a la pobre; índice de Gini; IDH; distancia del litoral; porcentual de colecta selectiva diaria; porcentual de colecta selectiva en relación a la total; porcentual de colecta selectiva; cantidad de residuos generados por año; cantidad de trabajadores en relación a la población; porcentual de trabajadores públicos en relación al total y número de cooperativas.

Con el propósito de establecer un ranking para la gestión de residuos sólidos en Brasil se hizo uso de un índice donde se agruparon las variables de oferta y demanda de gestión de residuos. Las variables representativas de demanda fueron: precipitaciones; temperatura media; población; humedad relativa; porcentual de población pobre y extremadamente pobre; colecta selectiva diaria y cantidad de residuos generados totales anual y las de oferta: porcentual de colecta selectiva en relación al total; cobertura de la colecta selectiva; distancia del litoral; IDH; cantidad de trabajadores en relación a la población; porcentual de trabajadores públicos en relación al total y número de cooperativas. Los valores de esos índices fueron ponderados por la media aritmética de cada una de las variables encontradas. A partir de ese procedimiento fue posible establecer un Rank de las ciudades analizadas (tabla 9). Las 2 principales ciudades brasileñas, São Paulo y Rio de Janeiro tienen destaque en relación a las demás en los índices de oferta y demanda relacionadas a la gestión de residuos. Destacase también el facto de que las ciudades de la región sudeste y sur,

regiones mas desarrolladas de Brasil presentan índices compatibles a lo que podría esperar. Las ciudades de la región norte y nordeste, regiones menos desarrolladas de Brasil, presentan índices correspondientes a ese poco desenvolvimiento económico.

La metodología utilizada en el trabajo puede ser útil en Brasil para buscar un referencial en los servicios de gestión de residuos sólidos por todo el país. El conjunto de variables utilizadas enfocando aspectos climatológicos, económicos, geográficos y relacionados al RSU. Que pueden ser útiles para caracterizar las diferencias acentuadas que existen en el país en sus diferentes componentes. A si pensar en acciones de planeamiento que sea a corto o largo plazo, el presente estudio trae colaboración para tal propósito.

Ciudades	Índice 1	Rank 1	Índice 2	Rank 2
1.Sao Paulo	0,76	1	0,02	5
2.Rio de Janeiro	0,57	2	1,06	1
3.Salvador	0,34	3	-0,66	8
4.Brasilia	-0,15	6	0,50	3
5.Fortaleza	0,21	4	-0,70	9
6.Belo Horizonte	-0,53	7	-0,02	6
7.Manaus	0,21	4	-0,77	10
8.Curitiba	-0,79	8	0,37	4
9.Recife	0,19	5	-0,47	7
10.Porto Alegre	-0,81	9	0,68	2

Tabla 9. Rank de las ciudades. Fuente: propia.

6. REFERENCIAS

Brasil. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2012). Diagnostico de Resíduos Sólidos Urbanos. Brasília.

Brasil. Ministério das Cidades.(2012). Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2012.Brasília: SNSA.

Brasil.Ministério do Meio Ambiente.(2011). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília.

Briones J.L.(1995). Supuestos de Contabilidad General. Ediciones Piramide. España.

Chavent M., Lique B., Kuentz V., Saracco J.(2011). ClustOfVar: An R Package for the Clustering of Variables. Journal os Estatistical Software, VV(II).

Chavéz A. P., Vega C.A.D, Barca N.C., Aguilera J.C., Benítez S.O.(2011). Indicadores para construir un modelo de evaluacion de programas de manejo de residuos sólidos municipales. Hacia la sustentabilidad: Los residuos sólidos como fuente de energia y material prima. 198-203.

David C Wilson, Ljiñjana Rodic, Anne Scheinberg, Costas A Velis and Ghaham Alabaster.(2012).Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. Waste Management & Research, 30(3), 237-254.

Diazaraque J.M.M.(n.d.).UC3M.Depto de Estadística.
<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/EDDescrip/tema4.pdf>

Dongqing Zhang, Tan Soon Keat & Richard M. Gersberg.(2010). *A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore*.Waste Management , 30, 921-933.

European Commission-DG ENTR (2001). *Summary Innovation Index*. Consultado en <http://www.proinno-europe.eu/page/summary-innovation-index-0>.

Germany.Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safaty.(2009). *Waste Management in Germany*. Bonn.

Gine´ Garriga, R., & Pe´rez-Foguet, A. (2013). Unravelling the linkages between water, sanitation, hygiene and rural poverty: The Wash Poverty Index. Water Resources Management, 27(5), 1501–1515.

Giné Garriga, R., & Pérez-Foguet, A. (2010). Improved method to calculate a Water Poverty Index at localscale. Journal of Environmental Engineering, 136(11), 1287–1298.

Huggins, R. (2003). Creating a UK Competitiveness Index: Regional and Local Benchmarking. *Regional Studies*, 37(1):89-96.

Kazmier L.J.(1998). Estadística Aplicada a la Administración y la Economía. Mexico. McGRAW-HILL.

MacQueen, J. B. (1967). Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations]». Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. 1. University of California Press. pp. 281–297

Marconi, M. D. A., & Lakatos, E. M. (2002). *Técnicas de pesquisa* (Vol. 2, pp. 41-42). São Paulo: Atlas.

McGranahan G. Ans D. Satterthwaite (2002) *The enviromental dimensions of sustainable development for cities*. Geography 87 (3): 213-226.

Mizpah Asase, Ernest K. Yanful, Moses Mensah, Jay Stanford, Samuel Amponsah.(2009). *Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana*. Waste Management, 29, 2779-2786.

Mufeed Sharholly, Kafeel Ahmad, Gauhar Mahmood, R.C.Trivedi.(2007). Municipal solid waste management in indian cities – A review. Waste Management, 28. 459-467.

NC Departament of Enviroment and Nature Resources. (1999). Pay-As-You-Throw Programs (PAYT). <http://portal.ncdenr.org>

New York. Banco Mundial. (2005). World development report 2006 : equity and development. World Bank-Oxford University Press,247-273.

Niels Jorn Hahn y Poul S. Lauridsen. Gestion y reciclado de residuos sólidos. Control de la contaminación Ambiental. El médio ambiente, 55 (44).

Ott, W. (1978). *Environmental Indices: Theory and Practice*. Michigan: Ann Arbot Science.

Oxford, Diccionario.
<http://www.oxforddictionaries.com/es/definicion/espanol/clúster?searchDictCode=spanish-english>

Polaz C. N. M.& Teixeira B. A. N..(2009). Indicadores de sustentabilidade para a gestão de residuos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). Eng Sanit Ambiente, 14 (3), 411-420.

Paruolo, P., Saltelli, A. Y Saisana, M. (20139. Ratings and rankings: Voodoo or Science? *Journal of the Royal Statistical Society, Serie A*, 176(3):609-634.

Rousseeuw Peter J. (1987) Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20, 53-65.

Special Report of Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC 2011, pagina 260.

TvBrasil. Documental Nosso Lixo. 2012. <https://youtu.be/s846GukzIX4>

Visvanathan C., Trankler J. (2003, 3-5 december. Chennai, India). *Municipal Solid Waste Management in Asia: A Comparative Analysis*. Workshop on Sustainable Landfill Management. (3-15).

Zhang D.Q., Tan S.K., Gersberg R.M. (2010). *Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges*. *Journal of Environmental Management*, 91, 1623-1633.

Ward, J. H., Jr. (1963), "Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function", *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.

Webster P.J., Maga V.O., Palmwe T.N. (1998). Monsoons: Processes, predictability, and the prospects for prediction. *Journal of Geophysical Research*, 103 (14451-14510).